Der technische Telegraphendienst.

Von

O. Canter.

Techn.
45

Techn.
2075 g
Canter

VII c 28 e

Bayerische Staatsbibliothek
<36661083110012

Der technische
Telegraphendienst.

KAISERL. DEUTSCHE OBER-POSTDIRECTION GUMBINNEN

Der technische Telegraphendienst.

Lehrbuch

für

Telegraphen-, Post- und Eisenbahn-Beamte.

Von

O. Canter,

Kaiserlicher Postrath.

Mit 188 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Vierte Auflage.

VII c 47
132

Breslau,
J. U. Kern's Verlag (Max Müller).
1892.

G. m. 10298

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MUENCHEN

Das Recht der Uebersetzung wird vorbehalten.

BAYERISCH.
STAATS
BIBLIOTH.
MÜNC.

Vorwort.

Die Ausbildung im technischen Telegraphendienste ist insofern mit Schwierigkeiten verknüpft, als gleichzeitig Kenntnisse in Physik, Chemie und Mathematik innerhalb gewisser Grenzen miterworben werden müssen, wenn bezügliche Vorkenntnisse nicht vorhanden sind. Auf Letzteres ist zwar bei Einzelnen, aber nicht im Allgemeinen zu rechnen. Um deshalb im vorliegenden Werke für Alle, welche sich im technischen Telegraphendienste Kenntnisse zu erwerben haben, ein ausreichendes Lehrbuch, und für Alle, welche mit diesem Zweige der Elektrotechnik Befassung haben, ein nützliches Handbuch zu geben, bin ich bemüht gewesen, nicht nur den eigentlichen technischen Telegraphendienst möglichst eingehend zu behandeln, sondern an rechter Stelle auch immer der oben erwähnten Hilfswissenschaften zu gedenken und ihre Anwendung auf die vorliegenden Fälle zu erläutern. Demgemäss ist zunächst die Theorie des Magnetismus ausführlich und für Jedermann verständlich besprochen worden; in gleicher Weise ist der auf Elektricität und Magnetismus zurückzuführenden Naturerscheinungen (Gewitter, St. Elmsfeuer, Nordlicht) Erwähnung geschehen. Bei Besprechung der chemischen Wirkungen des galvanischen Stromes sind die Grundlehren der Chemie möglichst eingehend und neuerer Auffassung entsprechend erläutert, endlich sind bei Behandlung der Widerstandsmessungen, der Stromverzweigung, der Methoden zur Bestimmung der Constanten galvanischer Elemente und zur Ermittelung von Fehler-

stellen in Telegraphenleitungen u. s. w. alle bezüglichen mathematischen Formeln übersichtlich entwickelt und schwierigere Auflösungen erklärt worden.

Von den Apparatverbindungen für Morse-, Hughes- und Fernsprechsysteme sind nicht nur die jetzt gebräuchlichen beschrieben, sondern auch einige früher angewendete Morseschaltungen, welche mir als Lehrmittel geeignet erschienen, in den betreffenden Abschnitt wieder mit aufgenommen worden. Eingehende Beschäftigung mit diesem Zweige der Technik ist für die Ausbildung im Telegraphendienste von ganz besonderer Wichtigkeit: je mehr Sicherheit hierin — d. i. in der Kenntniss der Schaltungen — erworben wird, desto mehr schärft sich der Blick für das Feststellen und Erkennen eintretender Fehler, sowie für die Beurtheilung aller Neuerungen auf dem Gebiete der Telegraphen-Technik.

Bezüglich des Gesammtinhaltes der hiermit der Oeffentlichkeit übergebenen und freundlicher Aufnahme empfohlenen vierten Auflage dieses Lehrbuches darf ich auf das nachfolgende Verzeichniss hinweisen.

O. Canter,
Kaiserlicher Postrath.

Inhalts-Verzeichniss.

Erster Abschnitt.

Magnetismus. Seite

Natürliche Magnete. Diamagnetismus und Paramagnetismus, Polarität der Magnete. Magnetische Vertheilung. Anfertigung künstlicher Magnete. Veränderlichkeit des Magnetismus durch äussere Einwirkungen. Tragkraft der Magnete. Ablenkung der Magnetnadel; Declination und Inclination. Gegenseitige Anziehung und Abstossung magnetischer Körper. Magnetisches Feld 1—10

Zweiter Abschnitt.

Reibungs-Elektricität.

Elektrische Erscheinungen. Influenz. Leitung der Elektricität. Elektroskop und Elektrometer. Elektrisirmaschine. Elektrophor. Franklin'sche Tafel, Leydener Flasche, Condensator. Wirkungen der Reibungs-Elektricität. Luftelektricität, Gewitter, St. Elmsfeuer, Nordlicht 11—22

Dritter Abschnitt.

Galvanismus.

Entdeckung des Galvanismus. Entstehung der galvanischen Elektricität. Elektrische Spannungsreihe. Volta'sche Säule. Zamboni'sche Säule. Erdleitung. Magnetische Wirkung des galvanischen Stromes. Richtung und Grösse der Ablenkung einer Magnetnadel unter der Einwirkung des galvanischen Stromes. Astatische Nadeln. Galvanoskop und Galvanometer. Elektromagnet. Remanenter Magnetismus. Chemische Wirkung des galvanischen Stromes 23—40

Vierter Abschnitt.

Galvanische Elemente.

Inconstante Elemente. Constante Elemente. (Beschreibung der einzelnen Elemente.) Sammlerbatterien (Accumulatoren) 41—51

Fünfter Abschnitt.

Fortpflanzung des galvanischen Stromes im Leiter.

Leitungsvermögen und Leitungswiderstand. Widerstandsmaasse. Widerstandsbestimmung durch Rechnung. Widerstandsbestimmung durch Messung. Rheostat von Wheatstone. Meilen-Rheostat. Siemens-Halske'sche Widerstands-Scala. Differential-Galvanometer. Messungsmethoden. Stromstärke. Stromverzweigung. Batterie-Schaltungen. Gemeinschaftliche Batterien. Verringerung des ausserwesentlichen Widerstandes durch Parallelschaltung der Elektromagnetrollen. Kirchhoff'sche Gesetze und Beispiele für die Anwendung derselben. Messung mit Nebenschluss (Shunt) 52—97

Sechster Abschnitt.

Messung der Stromstärke und Bestimmung der Constanten galvanischer Elemente.

Seite

Elektrochemische Rheometer. Elekromagnetische Rheometer. (Tangenten-Bussole, Sinus-Bussole, Sinus-Tangenten-Bussole, Reflex-Galvanometer.) Wheatstone'sche Brücke. Elektrodynamometer. Methoden zur Bestimmung der Constanten galvanischer Elemente. (Ohm'sche Methode, Widerstandsbestimmung mit Hilfe des Differential-Galvanometers, Manze'sche Methode, Fechner'sche Methode, Poggendorff'sche Compensations-Methode.) Theorien der Entstehung des Galvanismus. Elektrolyse. Faraday's elektrolytisches Gesetz 93—136

Siebenter Abschnitt.

Inductionsströme. Erdströme. Thermo-elektrische Ströme.

Magneto-Induction. Galvanische Induction. Wirkungen des Inductionsstromes. Extrastrom. Induction in körperlichen Leitern, Dämpfung schwingender Magnetnadeln. Erdströme. Thermoelektrische Ströme 137—155

Achter Abschnitt.

Die Telegraphie.

Entwickelungsgeschichte. Morse-Telegraph. Hughes-Apparat. Fernsprecher. Mikrophon. (Beschreibung der zu den betreffenden Systemen gehörigen Haupt- und Nebenapparate.) 156—232

Neunter Abschnitt.

Apparat-Verbindungen (Stromläufe).

Stromwender (Commutator). Umschalter. Zwischenamt mit 2 Leitungen und 1 Apparat. Zwischenamt mit 2 Leitungen und 2 Apparaten (Trennamt). Zwischenamt mit 3 Leitungen und 2 Apparaten. Uebertragung. Schaltungen für Fernsprech- und Mikrophonsysteme mit Wecker. Telegraphisches Gegensprechen 233—293

Zehnter Abschnitt.

Störungen im Telegraphenbetriebe.

Störende Ursachen in den Apparaten. Bestimmung von Fehlerstellen in der Leitung. Rückstrom in Telegraphenleitungen.. 294—313

Elfter Abschnitt.

Kabel-Telegraphie.

Geschichtliches. Construction der Kabel. Fortpflanzung der Elektricität in Kabeln. Telegraphischer Betrieb in Kabelleitungen. Messungen von Kabelleitungen 314—342

Tabelle der trigonometrischen Zahlen 343

Alphabetisches Register 344—347

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

Erster Abschnitt.

Magnetismus.

Natürliche Magnete. — Gewisse Eisenerze der chemischen Zusammensetzung $Fe_3 O_4$ besitzen die Fähigkeit, gewöhnliches Eisen anzuziehen und ihm vorübergehend die gleiche Eigenschaft zu ertheilen. Man hat diese Eisenerze nach der kleinasiatischen Stadt Magnesia, in deren Nähe sie zuerst gefunden wurden, Magneteisensteine genannt.

Diamagnetismus und Paramagnetismus. — Ausser Eisen werden von Magneten, wenn auch in geringerem Grade, angezogen Nickel, Chrom, Mangan, Platin, Palladium, Cerium, Osmium, Kobalt, Sauerstoff und mehrere andere zusammengesetzte Stoffe. Man nennt solche Körper paramagnetisch im Gegensatz zu den diamagnetischen, welche von Magneten abgestossen werden. Zu letzteren gehören: Zink, Zinn, Quecksilber, Blei, Silber, Kupfer, Gold u. a. *

Polarität der Magnete. — Alle Magnete, natürliche und künstliche, zeigen an den Enden (Polen) die grösste anziehende Kraft, während dieselbe in der Mitte gleich Null ist. Um sich hiervon zu überzeugen, wälze man einen Magnetstab in Eisen-

* Hängt man einen Körper an einem Faden freischwebend über den Polen eines kräftig wirkenden Elektromagneten auf, so zeigt die Stellung, welche er zu der Verbindungslinie der Pole annimmt, sobald ein Strom die Elektromagnetspiralen durchfliesst, an, welcher Klasse magnetischer Körper er angehört. Stellt er sich parallel zu jener Verbindungslinie, dann ist er paramagnetisch, zeigt er dagegen das Bestreben, sich senkrecht (nach Faraday „äquatorial") zu derselben zu stellen, dann ist eine abstossende Wirkung beider Pole auf den betreffenden Körper unverkennbar.

feilspänen. Beim Herausnehmen sieht man, wie diese massenhaft an den Enden hängen bleiben, während sie in der Mitte abfallen. Man nennt diesen mittleren Theil eines Magneten, welcher keine magnetische Eigenschaft zeigt, die Indifferenzzone. — Befestigt man einen Magnetstab in seiner Mitte an einem Faden, sodass er in horizontaler Lage frei hängt, dann zeigt er mit dem einen Ende (dem Nordpole) nach Norden, mit dem andern (dem Südpole) nach Süden. Die Erde wirkt demnach auf die Magnetnadel wie ein grösserer Magnet auf einen kleinen, muss also selbst eine magnetische Kraft besitzen.

Nähert man dem Südpole eines freihängenden Magnetstabes den Nordpol eines zweiten Magneten, dann wird jener von diesem angezogen; umgekehrt erfolgt eine gegenseitige Abstossung bei Annäherung gleichnamiger Pole. Hieraus ergiebt sich als erstes Gesetz in der Lehre über den Magnetismus: Die gleichnamigen Pole stossen sich ab, die ungleichnamigen ziehen sich an.

Magnetische Vertheilung (Influenz). — Hängt man an den einen Pol eines kräftigen Magneten einen Eisenstab, dann zeigt das freie Ende des letzteren ebenfalls magnetische Eigenschaften. Zur Erklärung des Vorgangs denke man sich den Eisenstab aus unendlich kleinen, natürlichen Magneten bestehend, deren Pole aber so liegen, dass sie sich in ihren magnetischen Wirkungen das Gleichgewicht halten. Bei Näherung des Magneten (etwa mit dem Nordpole) wenden sich die Südpole jener unendlich kleinen Theilchen (Moleküle) dem Nordpole des Magneten zu, während sich die betreffenden Nordpole nach dem anderen Ende hin richten. Ist dies erfolgt, dann tritt eine magnetische Wirkung nach Aussen ein. Da in weichem Eisen die Moleküle sich leichter und schneller richten und eher wieder in die ursprüngliche Lage zurückkehren, als es bei Stahl geschieht, so ist die Veränderlichkeit, d. h. die kurze Dauer des Magnetismus bei weichem Eisen und andererseits die Beharrlichkeit desselben in Stahl, welcher unter der Einwirkung eines Magneten sogar bleibend magnetisch gemacht werden kann, erklärlich.

Dass hier eine magnetische Vertheilung und nicht eine Uebertragung des magnetischen Fluidums vorliegt, beweist der Umstand, dass der Magnet beim Magnetisiren von Eisenstäben an Kraft nicht verliert, sowie die leicht nachzuweisende That-

sache, dass nicht magnetisirbare Substanzen, z. B. Papier, Glas u. s. w., welche man zwischen einen Magnetpol und den zu magnetisirenden Eisenstab bringt, die Magnetisirung des letzteren zulassen.

Während die Wirkung des freien Magnetismus eines Magneten von den Enden gegen die Indifferenzzone hin stetig abnimmt, wächst die innere magnetische Kraft von den Polen nach der Indifferenzzone.

Denkt man sich einen Magnetstab in seine Molekularmagnete zerlegt, so sind die Intensitäten des freien Magnetismus in der nördlichen Hälfte:

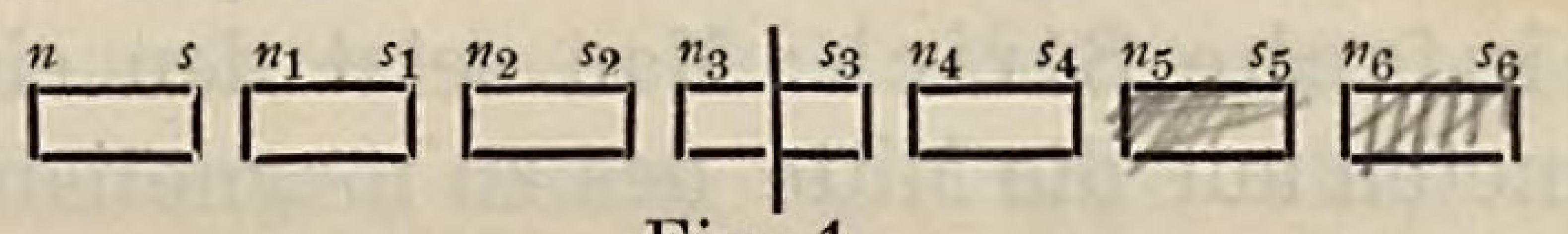


Fig. 1.

$$n,\ n_1 - s,\ n_2 - s_1,\ n_3 - s_2$$

in der südlichen Hälfte:

$$s_6,\ s_5 - n_6,\ s_4 - n_5,\ s_3 - n_4.$$

Hiernach würde aber nur dann freier Nordmagnetismus vorhanden sein, wenn

$$n_1 > s,\ n_2 > s_1,\ n_3 > s_2$$

und freier Südmagnetismus, wenn

$$s_5 > n_6,\ s_4 > n_5,\ s_3 > n_4.$$

Es muss also die magnetische Kraft der Pole der einzelnen Molekularmagnete zunehmen, je näher die letzteren der Mitte des Stabes liegen.

Dass sich dies in der That so verhält, lässt sich durch folgenden Versuch nachweisen: Zerbricht man eine magnetisirte Stahlnadel (etwa eine Stricknadel) in mehrere Stücke, so ist jedes Stück ein Magnet für sich und die aus der Mitte der Nadel gebrochenen Stücke zeigen an ihren Polen stärkeren freien Magnetismus, als die Endstücke.

Anfertigung künstlicher Magnete. — Wie aus Vorstehendem bereits zu ersehen, wird man durch längeres Anlegen eines Stahlstabes an den Pol eines kräftigen Magneten den ersteren schliesslich dauernd magnetisch machen können. Der Stahlstab darf aber nicht zu lang sein, da sonst sogenannte Folgepunkte entstehen: Ist ein solcher Stahlstab z.B. an den Nordpol des Magneten gelegt, so wird zwar das anliegende Ende des ersteren südmagnetisch, dagegen bildet sich der Nordpol nicht am freien Ende, sondern an irgend einem Punkte zwischen den

beiden Stabenden, während endlich das freie Ende wieder Südmagnetismus zeigt. In anderen Fällen entstehen zwar nur an beiden Enden des Stabes ungleichnamige Pole, doch wirken dieselben ungleich stark, d. h. der Nordmagnetismus am freien Ende ist schwächer, als der Südmagnetismus an demjenigen Ende des Stabes, welcher an dem Nordpole des Magneten gelegen hat. In diesem Falle wird auch die Indifferenzzone dem stärkeren Südpole des magnetisirten Stahlstabes näher als dem schwächeren Nordpole desselben liegen.

Die einfachsten und gebräuchlichsten Methoden, Stahlstäbe zu magnetisiren, sind folgende:

1) Der einfache Strich: Man setzt den einen Pol eines kräftigen Magneten auf die Mitte des zu magnetisirenden Stabes und streicht mit demselben mehrmals nach dem einen Ende des Stahlstabes hin; hier setzt man jedes Mal ab, um den Magneten in einiger Entfernung vom Stahlstabe zur Mitte des letzteren zurückzuführen. In gleicher Weise streicht man hierauf die andere Hälfte des Stahlstabes mit dem entgegengesetzten Pole des Magneten. Um schneller zum Ziele zu gelangen, streicht man auch gleichzeitig mit dem Nordpole eines und dem Südpole eines zweiten Magneten von der Mitte aus nach den entgegengesetzten Seiten des zu magnetisirenden Stabes.

2) Der doppelte Strich: Man setzt zwei Magnete mit ihren ungleichnamigen Polen so auf die Mitte des Stahlstabes, dass der eine nach links, der andere nach rechts mit dem Stahlstabe einen Winkel von etwa 20° bildet, wobei sich aber die Pole nicht berühren dürfen; dann streicht man mit beiden gleichmässig so gehaltenen Magneten von der Mitte aus zuerst nach dem einen Ende, dann zurück zum andern Ende und immer wieder über den ganzen Stab hin und zurück, bis man die Magnetisirung für ausreichend erachtet. Nach dem letzten Striche führt man beide Magnete zur Mitte des Stahlstabes zurück und hebt sie hier gleichzeitig ab.

Zur bequemeren Auseinanderhaltung der beiden Magnete unter dem oben angegebenen Winkel schiebt man zwischen die an den Stahlstab zu legenden Pole ein passend geschnittenes Prisma aus Holz. Auch kann man sich beim doppelten Strich eines hufeisenförmigen Magneten bedienen, indem man beide Pole desselben auf die Mitte des zu magnetisirenden Stabes aufsetzt und dann in der beschriebenen Weise den

letzteren streicht. Die Schenkel des Hufeisenmagneten würden dann allerdings (je nach der Biegung desselben) immer nahezu senkrecht zum Stahlstabe stehen.

3) Der Kreisstrich: Derselbe wird bei der Verfertigung von Hufeisenmagneten angewendet. Nachdem man vor die Pole des zu magnetisirenden hufeisenförmigen Stahlstückes eine Platte weichen Eisens (Anker) gelegt hat, setzt man den einen Pol eines kräftigen Magneten auf die Biegung des Hufeisens und streicht gegen das Ende des einen Schenkels hin, über dasselbe hinaus und über den vorgelegten Anker hinweg zum Ende des anderen Schenkels, dann auf demselben weiter immer in derselben Richtung so lange über das ganze geschlossene System, bis man die Magnetisirung für beendet hält. Schliesslich setzt man den Magnet in der Biegung des Hufeisens ab.

Statt der Eisenplatte kann man an das zu magnetisirende Hufeisen auch ein zweites Hufeisen von gleicher Schenkelweite so anlegen, dass beide eine geschlossene Curve bilden. Indem man letztere in der beschriebenen Weise mit dem Pole eines Magneten in gleicher Richtung bestreicht, erregt man gleichzeitig in beiden Hufeisen bleibenden Magnetismus.

Zur Herstellung starker Magnete fertigt man sogenannte Magnetbündel oder magnetische Magazine an, indem man einzelne nach irgend einer der beschriebenen Methoden magnetisirte Stahlstäbe oder Hufeisen (Lamellen) so aufeinanderlegt, dass die gleichnamigen Pole zusammenkommen.

Die Stärke des in Stahl zu erzeugenden Magnetismus hängt ab von der Stärke des Streichmagneten, von der Masse und von der Güte, d. i. der Härte des Stahles. Letztere bedingt gleichzeitig die Coercitivkraft, d. h. das Vermögen, die durch die magnetische Vertheilung gerichteten Moleküle in ihrer Lage zu erhalten.

Der stärkste Magnetismus, welchen man einem Stahlstabe zu geben vermag, wird die magnetische Sättigung genannt.

Veränderlichkeit des Magnetismus durch andere äussere Einwirkungen. — Erschüttert man einen Stahlstab (etwa durch Hämmern), während er magnetisirt wird, so erhält er stärkeren Magnetismus, als wenn er beim Magnetisiren nicht erschüttert

wird, dagegen schwächen wiederholte Erschütterungen die Kraft eines fertigen Magneten.

Schwache Torsion eines Stahlstabes nach ein und derselben Richtung während des Magnetisirens verstärkt den Magnetismus, hierauf folgende starke Torsion vermindert denselben wieder.

Fertige Magnete werden durch Torsion geschwächt.

Ein durch entgegengesetztes Magnetisiren ganz entmagnetisirter Stab erhält durch Torsion wieder Magnetismus.

Während des Magnetisirens erhalten Eisen- und Stahlstäbe bei jeder ersten Temperaturänderung stärkeren Magnetismus.

Die Kraft fertiger Magnete wird durch Erwärmen theils dauernd, theils vorübergehend geschwächt. Durch geringe Temperaturerhöhung geschwächte Magnete erhalten häufig durch Abkühlen einen Theil der verlorenen Kraft wieder. Durch längeres Glühen wird der Magnetismus dauernd zerstört.

Tragkraft der Magnete. — Unter der Tragkraft des Magneten versteht man das Gewicht, welches derselbe zu tragen vermag. Um die Tragkraft eines Magneten zu prüfen, legt man an den einen Pol eines Stabmagneten, bezw. an beide Pole eines Hufeisenmagneten einen Anker aus weichem Eisen, welcher eine Wagschale trägt. Auf letztere bringt man dann vorsichtig so lange Gewichte, bis der Anker abfällt. Die Gesammtschwere des Ankers, der Wagschale und der aufgelegten Gewichte ergiebt die Tragkraft des Magneten, wenn der Anker (wie beim Hufeisenmagnet) gleichzeitig von beiden Polen gehalten wurde, eines Magnetpoles, wenn der Anker (wie beim Stabmagnet) nur an den einen Pol gelegt werden konnte. Im letzteren Falle ist die Tragkraft des ganzen Magneten gleich dem doppelten Gewicht.

Nach der Tragkraft eines Magneten kann man die Stärke desselben nur relativ, nicht absolut bestimmen, d. h. man kann aus grösserer Tragkraft auf grösseren Magnetismus schliessen; ein früher aufgestelltes Gesetz, welches die Stärke des Magnetismus der Quadratwurzel aus der Tragkraft proportional setzt, stützt sich auf die niemals zutreffende Voraussetzung, dass die magnetische Beschaffenheit des betreffenden Stabes oder Hufeisens durch die Annäherung und Berührung des Ankers keine Aenderung erfährt. Dagegen sind bestimmte Beziehungen

zwischen dem Gewichte der Magnete und ihrer Tragkraft gefunden worden. Dieselben ergeben sich, wenn P das Gewicht eines Hufeisenmagneten, T die Tragkraft und a eine für alle Magnete constante Grösse bezeichnet, aus der Formel:

$$\frac{T}{P}\sqrt[3]{P} = a^*$$

$a = 10{,}33$, wenn das Gewicht P in Kilogrammen gegeben ist.

Setzt man in dieser Gleichung $P = T$, so ergiebt sich

$$a = \sqrt[3]{P} \text{ oder}$$
$$P = a^3 = 1102{,}3 \text{ kg}$$

d. h. ein 1102,3 kg schwerer Hufeisenmagnet vermag bei vollständiger magnetischer Sättigung sein eigenes Gewicht zu tragen.

Ablenkung der Magnetnadel; Declination und Inclination. — Denkt man sich eine Magnetnadel in ihrer Mitte so gehalten, dass ihr nur die Drehung in horizontaler Ebene gestattet ist, so nimmt sie unter dem Einflusse des Erdmagnetismus eine bestimmte Stellung ein, in welche sie immer wieder zurückkehrt, wenn sie durch eine andere Kraft aus derselben abgelenkt wird. Die zum Horizonte verticale Ebene durch die Pole der Magnetnadel heisst die Ebene des „magnetischen Meridians“ Letztere bildet mit der „geographischen“ Meridianebene, d. h. der Ebene, welche man sich durch den Punkt, von welchem aus die Beobachtung angestellt wird, und die beiden Erdpole gelegt denkt, einen Winkel, welchen man die Abweichung oder Declination der Magnetnadel nennt. Derselbe ändert sich mit der Zeit und ist auch an verschiedenen Orten der Erde ein anderer.

Zur Bestimmung der Declination dienen die sogenannten Declinatorien, d. i. Bussolen, welche so aufgestellt werden, dass die Verbindungslinie der Theilstriche 0 und 180 genau in den astronomischen Meridian fällt. Die Abweichung der magnetischen Axe ** der Magnetnadel von jener Verbindungslinie ergiebt die Declination.

* Wüllner, Bd. IV. S. 62 (1886).

** Die magnetische Axe einer Magnetnadel ist die auf ihr abgetragene Halbirungslinie des Winkels, um welchen die Ablenkungen der Nadel in den zwei möglichen Aufhängungsweisen von einander abweichen. Um die magnetische Axe also zu bestimmen, wird man zunächst die Ablenkung

Bis etwa zur Hälfte des 17. Jahrhunderts war für Europa die Declination eine östliche, wurde dann eine westliche und hat in letzterer Richtung ihr Maximum (22° 34′) bereits im Anfange dieses Jahrhunderts (1814) erreicht. Gegenwärtig beträgt dieselbe an den verschiedenen Orten Deutschlands 14 bis 17° (westlich).

Die Beobachtung der täglichen Variationen der Declination hat ergeben, dass dieselbe fast in ganz Europa um 8 Uhr Morgens am kleinsten ist, dass sie aber bis Mittags zwischen 1 und 2 Uhr rasch zunimmt, um dann langsamer bis gegen 8 Uhr Abends zu sinken. Die ungefähr 9 Minuten betragende Differenz ist indessen wiederum nach den Jahreszeiten verschieden: sie ist im December und Januar am kleinsten, im April, Mai und August am grössten.

Hängt die Magnetnadel so, dass dieselbe um ihren vor dem Magnetisiren genau bestimmten Schwerpunkt nur in der verticalen Ebene des magnetischen Meridians drehbar ist, so neigt sie sich mit dem Nordpol nach unten gegen den Horizont und bildet mit demselben einen Winkel, welchen man die Neigung oder Inclination der Magnetnadel nennt.

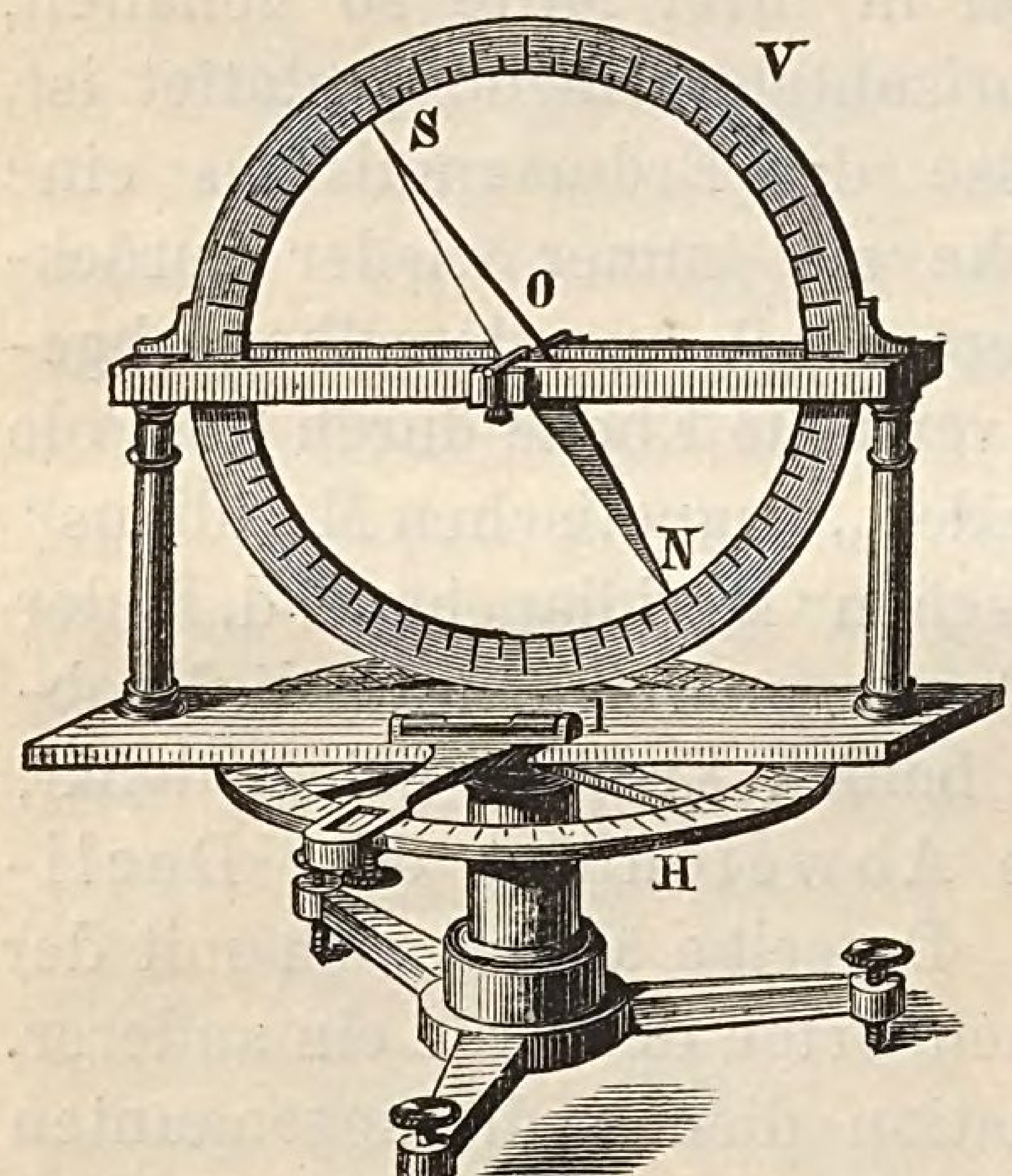


Fig 2.

Zur Bestimmung der Inclination dient das Inclinatorium.* Dasselbe besteht (Fig. 2) aus der durch die Axe *O* genau in ihrem Schwerpunkt gehaltenen Magnetnadel *NS* und dem mit einer Gradeintheilung versehenen Verticalkreise *V*. Dieses aus Magnetnadel und dem Verticalkreise zusammengesetzte System wird von einem Gestell gehalten, welches

in einer Aufhängung feststellen, dann die Nadel umkehren, d. h. die erst nach oben gerichtete Fläche nach unten wenden und hiernach die neue Ablenkung beobachten. Der Winkel, den beide Ablenkungen mit einander bilden, bleibt nun zu halbiren.

* Wüllner, Bd. IV. S. 139 (1886).

drehbar auf dem Horizontalkreise *H* befestigt ist. Letzteren trägt ein mit Stellschrauben versehener Dreifuss. Die Stellschrauben und die Wasserwage *l* ermöglichen eine vollständig horizontale Stellung der Ebene des Kreises *H*. Nach Herstellung einer solchen wird das Gestell so gedreht, dass die Ebene des Kreises *V* in die Ebene des magnetischen Meridians fällt. Der Winkel, welchen dann die magnetische Axe der Nadel mit dem horizontalen Durchmesser des Kreises macht, ist der Inclinationswinkel.

Die Inclination beträgt gegenwärtig für Deutschland etwa 67 °. Dieselbe nimmt zum Aequator hin bis 0 ° ab, von da weiter nach Süden in entgegengesetztem Sinne zu. Alle diejenigen Orte in der Nähe des Aequators, an welchen die Inclination 0 ° beträgt, die Magnetnadel also vollständig horizontal liegt, verbindet eine unregelmässig gekrümmte Linie, die sogenannte Akline, welche den Aequator in zwei Punkten schneidet. Der eine dieser Punkte liegt an der Westküste von Afrika, der andere im stillen Ocean, etwa in der Mitte zwischen Asien und Amerika.

Die Inclination hat seit ihrer ersten Beobachtung stets abgenommen. Sie betrug (bei den in Paris angestellten Messungen) im Jahre 1661 noch 75 °, im Jahre 1851 war sie auf 68 ° 35′ zurückgegangen. Für ihre tägliche Variation ergiebt sich gegen 10 Uhr Morgens das Maximum und gegen 10 Uhr Abends das Minimum.

Das ganze Verhalten einer vollständig frei schwebenden Magnetnadel ist durch den Erdmagnetismus bedingt. Man wird annehmen können, dass die Erde zum grossen Theil ein Magnet sei, dessen Südpol in der Nähe des astronomischen Nordpols und dessen Nordpol in der Nähe des astronomischen Südpols liegt. Nach den Veränderungen der Declination und Inclination zu schliessen, unterliegt indessen nicht nur die Intensität des Erdmagnetismus Variationen, sondern es scheint auch die Lage der magnetischen Pole und der Akline nicht immer dieselbe zu bleiben.

Gegenseitige Anziehung und Abstossung magnetischer Körper. — Die gleichnamigen Pole zweier Magnete stossen sich ab, die ungleichnamigen ziehen sich an. Die Grösse dieser Wechsel-

wirkung hängt ab von der Stärke jedes der beiden Magnete, sowie von ihrer Entfernung von einander, und zwar ist sie direct proportional dem Producte der beiden magnetischen Kräfte und indirect proportional dem Quadrat der Entfernung, in welcher dieselben auf einander wirken. Man wird hiernach die Grösse der sich anziehenden bezw. abstossenden beiden Kräfte durch die Formel

$$P = \frac{m \, . \, m_1}{r^2}$$

ausdrücken können.

Magnetisches Feld. Der einen Magnet umgebende Raum, in welchem magnetische Kräfte wirken, heisst das magnetische Feld. Dasselbe denkt man sich von magnetischen Kraftlinien erfüllt, welche an den Polen aus dem Magnet austretend in Kurven von einem Pole zum andern verlaufen, durch ihre Lage die Richtung der magnetischen Kraft und durch ihre Zahl die Intensität derselben angeben.

Zweiter Abschnitt.

Reibungs-Elektricität.

Elektrische Erscheinungen. — Mit Elektron (τὸ ἤλεκτρον) bezeichneten die Griechen den Bernstein, ein Erdharz, welches durch Reiben mit Seide, Wolle oder Pelz die Fähigkeit erhält, leichte Körperchen anzuziehen, eine Zeit lang festzuhalten und dann wieder abzustossen. Dieselbe Eigenschaft erhalten unter gleichen Bedingungen auch Glas, Harze, Schwefel, Siegellack, Wachs u. s. w. *

Zur Erklärung dieses Vorganges, dessen Ursache nach der griechischen Bezeichnung des Bernsteins „Elektricität" genannt wird, darf man Folgendes annehmen: Jeder elektrisirbare Körper enthält in natürlichem Zustande zwei unsichtbare (gasartige) Flüssigkeiten (Fluida) in gleichen Mengen, sodass sich dieselben das Gleichgewicht halten und nach Aussen unbemerkt bleiben. Sobald dieses Gleichgewicht durch irgend eine äussere Ursache — wie im beschriebenen Vorgange durch Reibung — gestört wird und hierdurch der Körper einen Ueberschuss an dem einen Fluidum erhält, so wirkt letzteres in der oben geschilderten Weise „elektrisch."

Während sich z. B. Glas in natürlichem Zustande jedem anderen Körper gegenüber einflusslos verhält, zieht es, kurze Zeit mit Seide oder Wolle gerieben, Papierschnitzel, Goldblättchen u. s. w. an: die beiden elektrischen Fluida, welche einerseits im Glase, andererseits in der Seide sich das Gleichgewicht hielten, werden durch Reibung jener beiden Körper so von einander getrennt und freigemacht, dass sich das eine

* Diejenigen Körper, welche durch Reibung elektrisch werden, nennt man „idioelektrisch" im Gegensatz zu den nicht elektrisirbaren „anelektrischen" Körpern. Zu letzteren gehören vorzugsweise die Metalle.

Fluidum auf dem geriebenen, das andere auf dem reibenden Körper ansammelt.

Jedes einzelne Fluidum für sich hat das Bestreben, sich mit dem ihm entgegengesetzten anderer in seiner Nähe befindlicher Körper wieder zu vereinigen. Gesetzt, ein Goldblättchen befinde sich unter dem Einfluss der durch Reibung entwickelten Elektricität eines Glascylinders, so wird letztere zunächst bewirken, dass die beiden entgegengesetzten Fluida des Goldblättchens sich von einander scheiden. Das eine Fluidum, und zwar das der Glaselektricität entgegengesetzte, will sich mit der Glaselektricität verbinden (ausgleichen, neutralisiren).

In diesem Bestreben liegt der Grund zur Anziehung. Ist dieselbe erfolgt, so theilt sich bei der gegenseitigen Berührung die Glaselektricität dem Goldblättchen mit. Das letztere wird jetzt von dem Glascylinder abgestossen, da in demselben Maasse, wie sich die entgegengesetzten Fluida zu vereinigen suchten, sich die gleichnamigen fliehen. Diesen Gegensatz elektrischer Fluida halten die Bezeichnungen „positiv“ und „negativ“ fest. Alle elektrisirbaren Körper können durch Reibung sowohl positiv, als negativ elektrisch gemacht werden; es hängt dies hauptsächlich von der Natur des als Reibzeug benutzten Körpers ab. Da Glas durch ein Reibzeug aus Leder, welches mit Kienmaier'schem Zink-Zinn-Amalgam (zusammengesetzt aus 2 Theilen Quecksilber, 1 Theile Zink und 1 Theile Zinn) bestrichen ist*, unter allen Umständen dieselbe Elektricität annimmt, ist man übereingekommen, diese Elektricität als positiv mit $+E$ und jede ihr entgegengesetzte als negativ mit $-E$ zu bezeichnen.

Influenz. — Den Einfluss eines elektrischen Körpers, d. h. eines Körpers, welcher entweder mit $+E$ oder $-E$ geladen ist, auf einen unelektrischen Körper (welchem $\pm E$ innewohnt), unter welchem die in ihrer Wirkung gegenseitig sich aufhebenden Fluida getrennt werden, nennt man Vertheilung oder Influenz. Das Vorhandensein einer solchen Wirkung zeigt noch

* Um das Leder mit diesem Amalgam zu versehen, bestreicht man es auf der einen Seite mit etwas Talg und bestreut diese Seite mit dem pulverförmigen Amalgam. Alsdann faltet man das Leder zusammen und reibt die bestrichenen Seiten gegeneinander.

klarer als der schon oben besprochene Vorgang folgender Versuch: *A* und *B* sind die durch Glas isolirten Träger eines Metallcylinders *CD*, an dessen Enden zwei Hollundermark-Kügelchen vermittelst leinener Fäden aufgehängt sind. Nähert man einen positiv elektrischen Körper dem Ende *C* des Metallcylinders, so werden

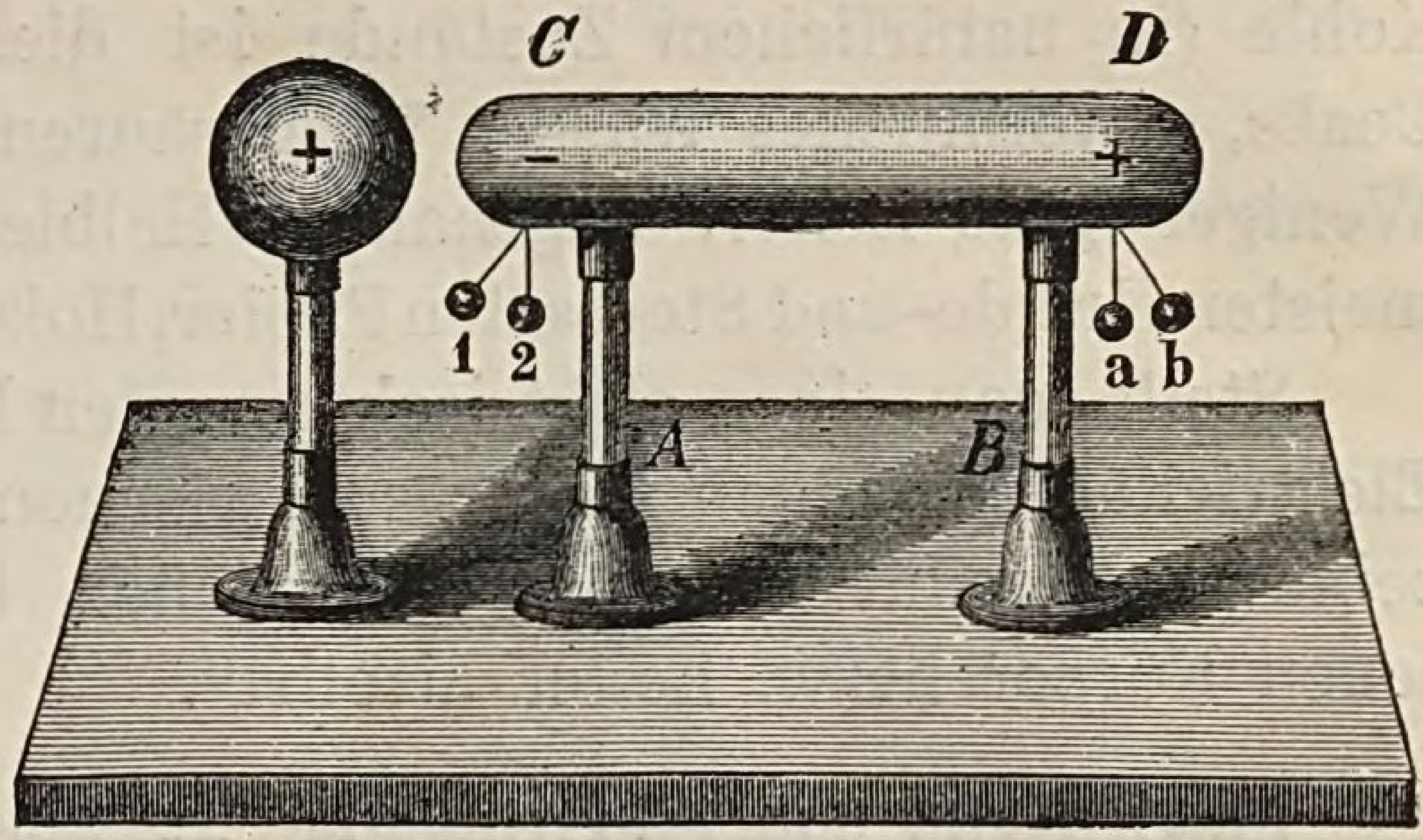


Fig. 3.

sowohl die Kügelchen *1* und *2*, als *a* und *b* gleichzeitig von einander abgetrieben. Dies kommt daher, weil der mit + *E* geladene Körper so auf die ± *E* des Metallcylinders vertheilend wirkt, dass bei *C* die negative, bei *D* die positive Elektricität durch die leinenen Fäden zu den Kügelchen geleitet wird, in welchen nun die gleichnamigen Fluida sich gegenseitig abstossen. — Um zu erkennen, dass wirklich zwei entgegengesetzte Elektricitäten an den beiden Enden *C* und *D* wirksam sind, bringe man zwischen *a* und *b* eine mit Tuch geriebene und hierdurch negativ elektrisch gemachte Siegellackstange. Die Kügelchen werden sofort das Bestreben zeigen, sich dem Siegellack zu nähern. Hieraus folgt, dass die Elektricität von *a* und *b* der des Siegellacks entgegengesetzt, also positiv ist. Wiederholt man dieselbe Manipulation bei *C*, indem man die geriebene Siegellackstange zwischen *1* und *2* hält, so wird das Bestreben der Kügelchen, sich von einander zu entfernen, ein grösseres, ein Beweis, dass eine neue abstossende Kraft gleichnamiger Elektricität hinzugetreten ist.

Leitung der Elektricität. — Die elektrische Vertheilung in dem Metallcylinder *CD* tritt um so schneller ein, je mehr das Metall die Eigenschaft hat, die sich von einander trennenden Fluida nach den Enden hinzuleiten. Wollte man statt der leinenen Fäden seidene zum Aufhängen der Hollundermark-Kügelchen verwenden, so würde das sich gegenseitig Abstossen derselben nicht erfolgen, da ihnen durch die Seide die an den Enden des Metallstabes angesammelten Elektricitäten nicht zugeleitet werden. Seide ist, sowie alle anderen Körper, welche durch Reibung leicht elektrisch werden, also: Harz,

Siegellack, Glas, Wolle u. s. w. ein Nichtleiter der Elektricität (Isolator). Gute Leiter dagegen sind: Metalle, Erze, gut geglühte Kohle (in natürlichem Zustande ist dieselbe ein Nichtleiter), Coaks, gewöhnliches Wasser, * Salzsäuren, feuchte Erde u. s. w. Weniger gute Leiter, sogenannte Halbleiter sind ausser den meisten Kreide- und Steinarten Papier, Holz, Horn, Knochen u. s. w.

Stellt man einen elektrisch erregten Körper oder einen mit Elektricität geladenen Leiter so zwischen zwei Nichtleiter, dass seine Elektricität nirgends entweichen kann, so nennt man jenen Körper bezw. Leiter „isolirt“.

Elektroskop und Elektrometer. — Zur Feststellung des Vorhandenseins von Elektricität bedient man sich des Elektroskops. Ein solches lässt sich sehr leicht dadurch herstellen, dass man einen leinenen Faden, dessen Enden zwei Hollundermark-Kügelchen tragen, in der Mitte um einen isolirten (also etwa auf einem Glasgestell angebrachten) Metallstab schlingt, so dass die Kügelchen an den herabhängenden Enden neben einander liegen. Dieselben entfernen sich von einander (divergiren), sobald der Metallstab mit einem elektrischen Körper in Berührung gebracht wird.

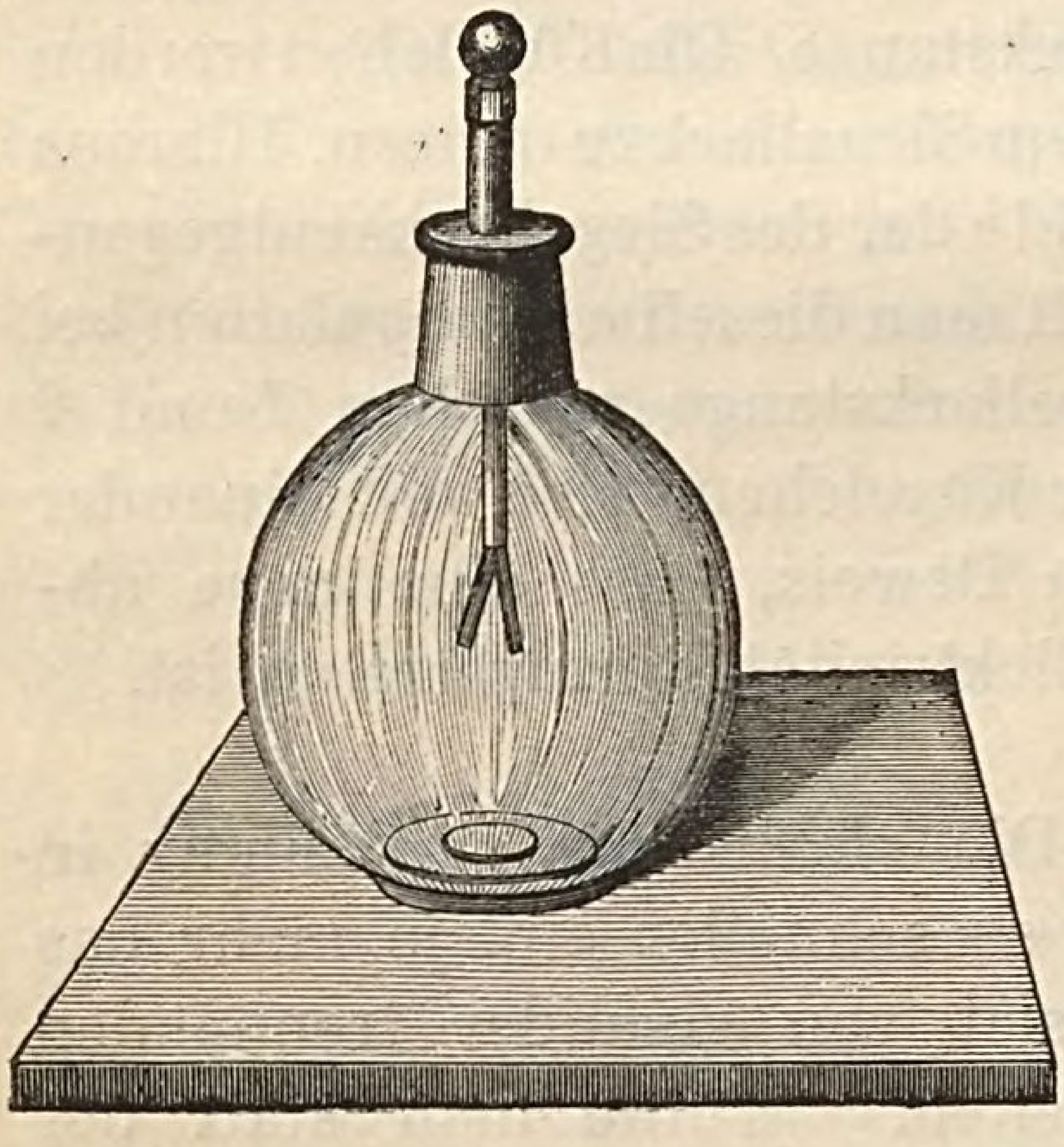


Fig. 4.

Am meisten verbreitet findet sich das in Fig. 4 dargestellte Goldblatt-Elektroskop: In den Deckel einer Glasflasche ist ein Messingdraht fest eingekittet. Derselbe trägt an dem oberen, aus der Flasche heraussteherden Ende eine kleine Metallkugel, an seinem unteren plattgeklopften Ende zwei dünne Goldblattstreifen, welche in gewöhnlichem Zustande an einander liegend ungefähr in der Mitte der Flasche hängen. Den unteren Verschluss der Flasche bildet eine abschraubbare, tellerartige Kapsel aus Hartgummi zur Aufnahme von Calcium oder Calciumchlorid. Letzteres hat

* Destillirtes Wasser ist ein schlechter Elektricitätsleiter.

den Zweck, der in der Flasche enthaltenen Luft die etwa vorhandene Feuchtigkeit zu entziehen. Berührt man den Knopf des Elektroskops mit einer geriebenen Glas- oder Siegellackstange, so stossen sich die Goldblättchen sofort ab und bilden einen Winkel, dessen Grösse von der Stärke der Elektricität des geriebenen Körpers abhängig ist.

Bringt man an den Knopf des Elektroskops zuerst einen positiv elektrischen Glasstab und dann an Stelle desselben eine mit Wolle geriebene Siegellackstange, so wird die unter Einwirkung der Glaselektricität erzeugte Divergenz der Goldblättchen verringert oder gänzlich aufgehoben; ein Beweis, dass die in der Siegellackstange durch Reibung erzeugte Elektricität derjenigen des Glasstabes entgegengesetzt wirkt. Man kann auf diesem Wege leicht feststellen, welcher Art die in einem Körper erzeugte Elektricität ist. — Berührt man den Knopf eines elektrisirten Elektroskops mit dem Finger, so wird die Elektricität durch den menschlichen Körper zur Erde abgeleitet und die Goldblättchen fallen zusammen.

Elektrisirmaschine. — Zur Erzeugung grösserer Elektricitätsmassen bedient man sich der Elektrisirmaschine. Dieselbe besteht aus folgenden drei Hauptheilen:

1. dem geriebenen Körper,
2. dem Reibzeug,
3. dem Conductor.

Der geriebene Körper ist in den meisten Fällen eine kreisrunde Glastafel auf einer Welle aus nicht leitendem Material, welche an dem einen Ende mit einer Kurbel versehen ist. Zwei lederne, mit Kienmaier'schem Amalgam bestrichene Kissen, welche an irgend einer Stelle durch Federn von beiden Seiten gegen die Glastafel gedrückt werden, bilden das Reibzeug.

Zur Ansammlung der Elektricität für den beabsichtigten Verbrauch dient der Conductor. Derselbe besteht aus einer hohlen Messingkugel auf isolirendem Glasfuss. Entweder unmittelbar an der Messingkugel oder an einem von ihr ausgehenden Messingcylinder sind zwei hölzerne Ringe befestigt, zwischen welchen die Glasscheibe zu rotiren hat. An der der letzteren zugewendeten Seite ist jeder Ring mit einer Rinne

versehen, deren metallische, vom Conductor ausgehende und mit demselben leitend verbundene Einlage mit feinen, nach der Scheibe gerichteten Spitzen versehen ist. Zwischen diesem Saugapparate des Conductors und dem Reibzeuge sind an den Kissen des letzteren noch Lappen von Wachstaffet befestigt, welche den betreffenden Theil der Scheibe bedecken und das Entweichen der Elektricität in die Luft verhindern sollen.

Wird die Scheibe mittels der Kurbel so gedreht, dass die aus dem Reibzeug kommenden Flächentheile der ersteren sich zwischen den Taffetlappen nach dem Saugapparat hin bewegen, so wird zunächst durch die Reibung auf der Glasscheibe $+E$ erzeugt. Dieselbe wirkt, sobald die geriebenen Stellen zwischen die Saugspitzen kommen, derart vertheilend auf den Conductor und den Saugapparat, dass letzterer negativ, ersterer positiv elektrisch wird. Die $-E$ des Saugapparats strömt durch die Spitzen nach der Scheibe aus und neutralisirt an betreffender Stelle die daselbst vorhandene $+E$. Die am Saugapparat vorüber gegangenen Flächentheile der Scheibe sind also wieder unelektrisch geworden, um zwischen den Reibkissen von Neuem mit $+E$ versehen zu werden. Gleichzeitig erhalten die Reibkissen $-E$, welche, wenn die Kissen mit einer Erdleitung versehen sind, durch dieselbe zur Erde abfliesst.

Nähert man dem mit $+E$ geladenen Conductor einen mit Erde leitend verbundenen Metallstab, so erhält man einen Funken. Ist in der Nähe des Conductors ein Leiter, welcher die Bildung von Funken veranlassen könnte, nicht vorhanden und wird die Dichtigkeit der Elektricität an einem Punkte des Conductors so gross, dass die Elektricität ausströmt, so zeigen sich an der Ausströmungsstelle Büschel. Da dieselben bedeutend lichtschwächer als die Funken sind, so können sie nur in verfinsterten Räumen wahrgenommen werden. Die Grösse des Büschels ist immer der Dichtigkeit der Elektricität an der Ausströmungsstelle proportional. Der Grund, dass sich die Büschel positiver Elektricität meist grösser als diejenigen negativer Elektricität zeigen, ist wohl eher in einer gewissen Elektrisirung der Luft, als in einem charakteristischen Unterschiede der beiden Elektricitäten zu suchen. *

* Wüllner, Bd. IV. S. 437 (1886.)

Will man von einer Elektrisirmaschine, deren geriebener Körper eine Glasscheibe ist, — *E* auffangen, so hat man die Erdleitung von dem Reibzeuge an den Conductor zu verlegen und das Reibzeug mit einer Metallkugel in Verbindung zu bringen. Letztere erhält vom Reibzeug — *E*.

Der Elektrophor. * — Ein Elektricitätserzeuger, dessen Wirksamkeit hauptsächlich auf Influenz beruht, ist der Elektrophor. Derselbe besteht aus einem in eine metallene Form gegossenen oder auf eine flache Metallunterlage aufgesetzten Harzkuchen und einer metallenen Deckplatte mit isolirender Handhabe. Ist letztere zunächst vom Harzkuchen entfernt, so entsteht auf diesem — *E*, wenn man ihn mit Wolle reibt, oder mit einem Fuchsschwanze peitscht. Wird dann der Deckel aufgesetzt, so wird die ± *E* desselben zerlegt, die + *E* auf die untere Fläche gezogen und die — *E* nach der oberen Fläche abgestossen. Berührt man den Deckel vor dem Abheben mit den Fingern, so wird die — *E* abgeleitet und + *E* bleibt auf ihm zurück.

Franklin'sche Tafel, Leydener Flasche, Condensator. — Zur Ansammlung der mit der Elektrisirmaschine erzeugten Elektricität bedient man sich einer auf beiden Seiten bis an den Rand mit Stanniol (Zinnfolie) belegten Glastafel (Franklin'sche Tafel) oder Glasflasche (Leydener Flasche).

Ist in Fig. 5 *EF* eine Glastafel, deren oberer Belag *AB* mit einem mit + *E* geladenen Conductor, und deren unterer Belag mit der Erde leitend verbunden ist, so theilt sich die + *E* des Conductors der Stannioldecke *AB* mit. Wäre die untere Belegung *CD* nicht vorhanden, so würde die Ueberführung der Elektricität des Conductors aufhören, sobald auf den gleichen Flächentheilen des letzteren und der oberen Belegung gleiche Elektricitätsmassen vertheilt sind.

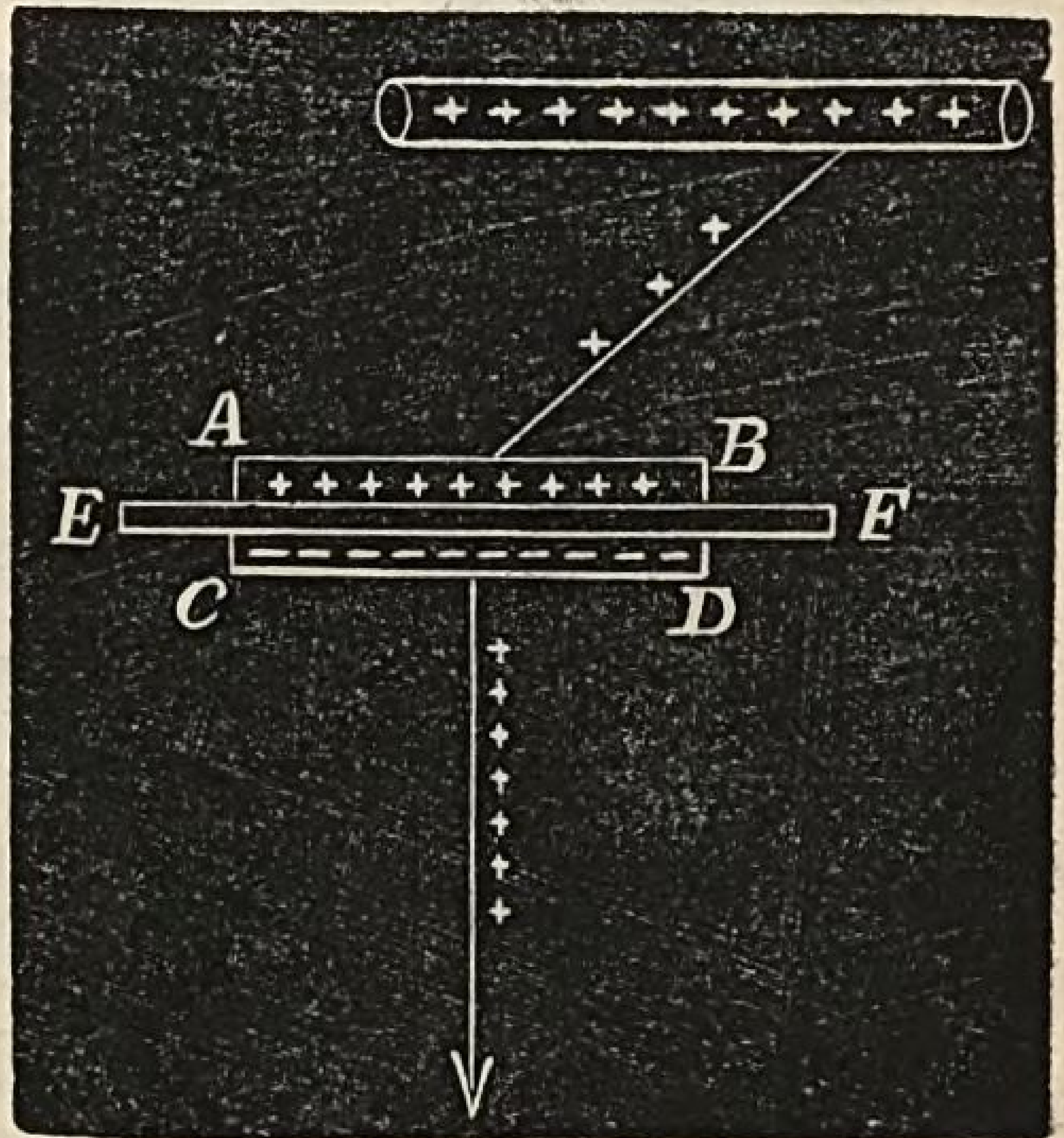


Fig. 5.

* Nach dem Princip des Elektrophors sind von Töpler und Holtz Influenzmaschinen construirt worden, welche Elektricität in grösserer Menge liefern, als die gewöhnlichen Elektrisirmaschinen mit Reibzeug.

Da nun aber die untere Glasfläche von einer mit Erde verbundenen Stanniolbekleidung bedeckt ist, so zerlegt die $+E$ von AB zunächst die $\pm E$ von CD. Die $+E$ der unteren Belegung wird nach der Erde hin abgestossen, von welcher aus gleichzeitig neue $\pm E$ zu fernerer Zerlegung sich jener mittheilt, während die $-E$ derselben durch die $+E$ der oberen Belegung angezogen und gebunden, d. h. am Abströmen verhindert wird. Umgekehrt bindet nun aber auch die $-E$ der unteren Belegung einen Theil der $+E$ der oberen.

So lange der Prozess der gegenseitigen Bindung vor sich geht, wird die Spannung der freien (nicht gebundenen) Elektricität der oberen Belegung geringer sein, als die des Conductors; sobald aber beide Belegungen mit Elektricität gesättigt sind, was um so eher eintritt, je kleiner die Stanniolflächen sind, wird die elektrische Spannung der oberen Belegung der des Conductors gleich sein, und dann ist die Tafel vollständig geladen.

Ein ähnlicher Apparat ist die Leydener Flasche. Das Glas derselben (Fig. 6) ist von innen und aussen möglichst glatt bis etwa 3 cm vom oberen Rande mit Stanniol beklebt, dieser obere Rand aber zur Verhinderung der Leitung der Elektricität von einer Belegung zur anderen mit Schellack bestrichen. Der aus der Flasche herausragende, mit einem Metallknopf versehene Messingdraht ist mit der inneren Belegung leitend verbunden. Um die Flasche zu laden, bringt man den Knopf mit dem Conductor der Elektrisirmaschine und die äussere Belegung mit der Erde in Verbindung. Der Vorgang ist derselbe, wie bei der Franklin'schen Tafel. Zur Erreichung einer sehr starken Ladung bedient man sich entweder sehr grosser Flaschen, oder man vereinigt mehrere Flaschen, indem man sowohl ihre inneren, als die äusseren Belegungen für sich leitend mit einander verbindet, zu einer elektrischen Batterie.

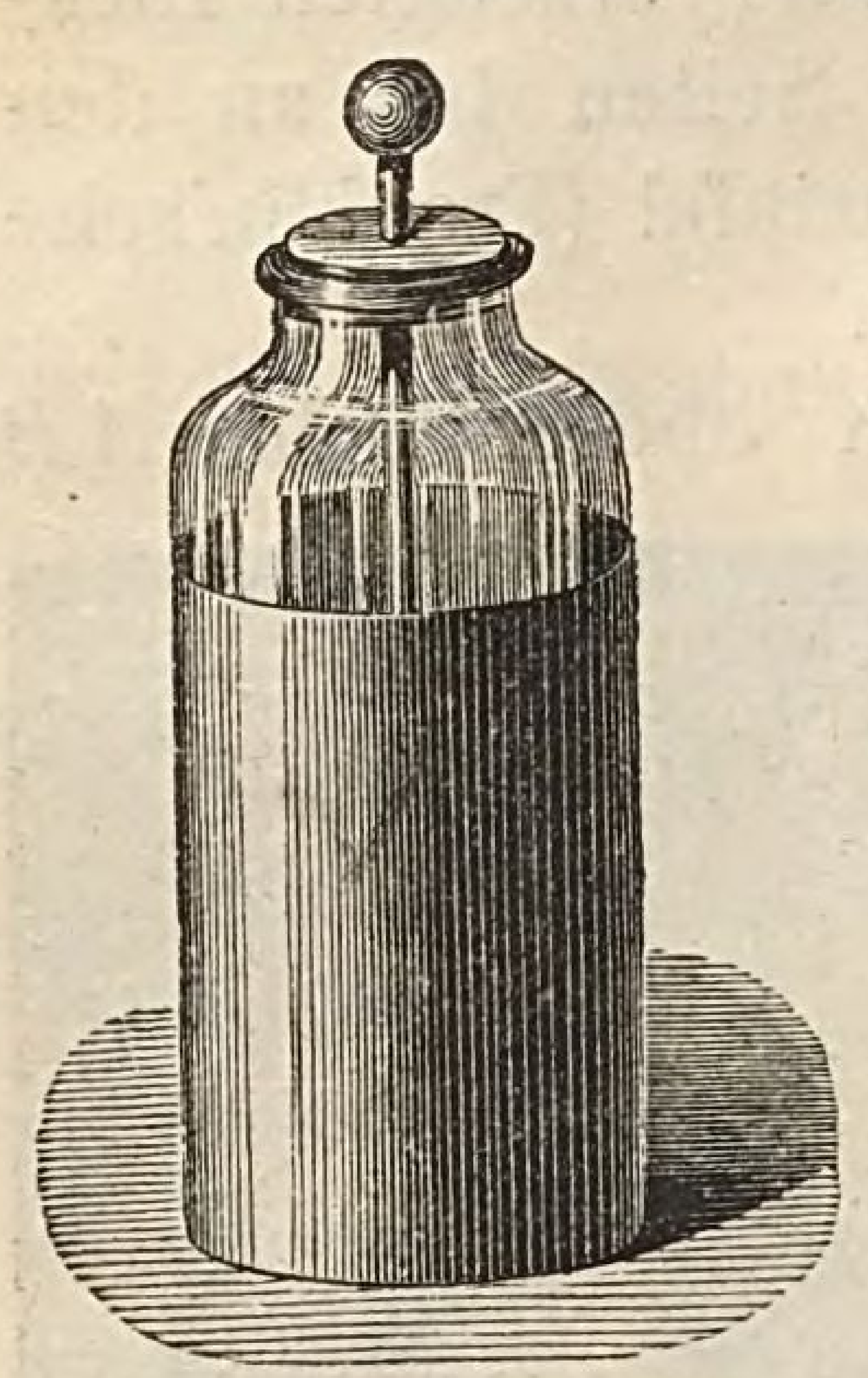


Fig. 6.

Bringt man zwischen die beiden Belegungen einer Franklin'schen Tafel oder Leydener Flasche einen Metalldraht, so

vereinigen sich die beiden entgegengesetzten Elektricitäten zu $\pm E$, d. h. sie kehren in ihren natürlichen Zustand zurück. Diese Entladung tritt unter Funken-Entwickelung auch dann ein, wenn man je eine Belegung mit einem Draht verbindet und die freien Drahtenden bis zu einer gewissen Entfernung einander nähert. Bei je weiterem Abstande der Enden von einander, d. h. unter je grösserer Schlagweite die Entladung stattfindet, desto stärker war die Ladung und desto grösser die Spannung der auf den Belegungen angehäuften entgegengesetzten elektrischen Fluiden. — Die nach erfolgter Ladung in Spannung verharrende Elektricität heisst „statisch" im Gegensatz zu der sich in einem Leiter ausgleichenden, in den natürlichen Zustand zurückkehrenden „dynamischen" Elektricität.

Zum Nachweise von Elektricität so geringer Dichte, dass eine unmittelbare Einwirkung derselben auf das Elektroskop nicht wahrnehmbar, bedient man sich des Condensators. Derselbe besteht aus zwei gleichen Metallscheiben, deren eine für den angegebenen Zweck, wie Fig. 7 zeigt, gewöhnlich mit dem Elektroskope verbunden ist. Beide Platten sind auf der einen Seite mit einer sehr dünnen Firnissschicht gleichmässig überzogen. Die mit der Elektricitätsquelle in Verbindung zu bringende Platte heisst der Collector, die andere der Condensator. Erstere sei die auf das Elektroskop aufgeschraubte Platte, so nimmt dieselbe von der mit ihr verbundenen Elektricitätsquelle nur so lange Elektricität an, bis die Dichtigkeit der Elektricität auf der Platte derjenigen der Elektricitätsquelle gleich ist. Setzt man nun aber die mit einer isolirenden Handhabe versehene Condensatorplatte auf, so dass die gefirnissten Flächen der Platten einander zuge-

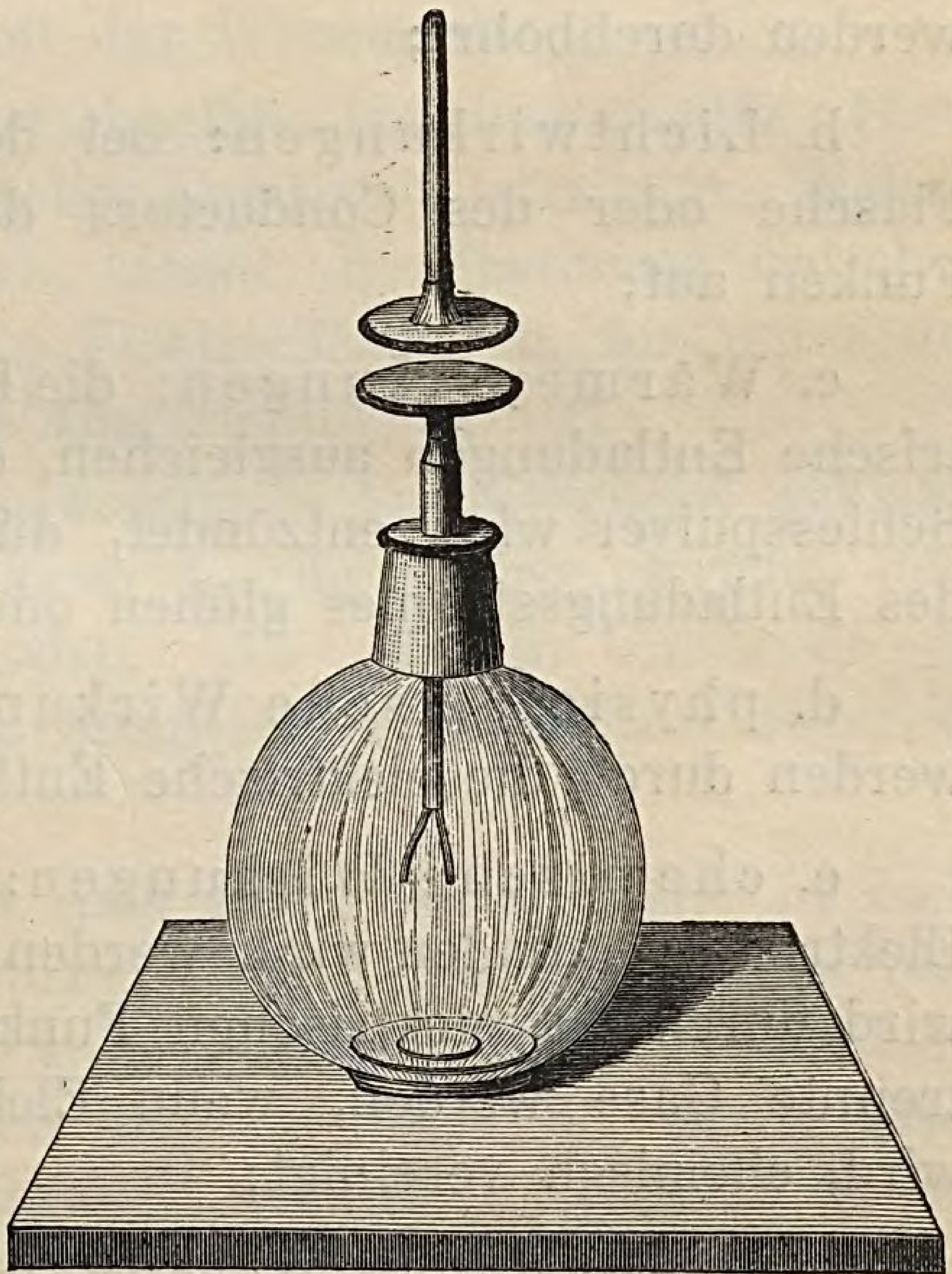


Fig. 7.

kehrt sind, und giebt man der letzteren eine Erdverbindung, so wird der Apparat in gleicher Weise, wie die Franklin'sche Tafel geladen. Nach Entfernung der Condensatorplatte wird die auf dem Collector gebundene Elektricität frei und wirkt auf das Elektroskop.

Beim Aufsetzen und Abheben der Condensatorplatte ist jede Reibung der Firnissschichten gegen einander zu vermeiden, damit letztere hierdurch nicht selbst elektrisch werden.

Für andere Zwecke hergestellte Condensatoren sollen in späteren Abschnitten beschrieben werden.

Wirkungen der Reibungs-Elektricität. — Die Wirkungen der statischen Elektricität äussern sich nur in Anziehung und Abstossung.

Die Wirkungen bewegter (dynamischer) Elektricität sind:

a. mechanische: schlechte Leiter, z. B. Kartenblätter werden durchbohrt;

b. Lichtwirkungen: bei der Entladung der Leydener Flasche oder des Conductors der Elektrisirmaschine treten Funken auf;

c. Wärmewirkungen: die Körper, in welchen sich elektrische Entladungen ausgleichen, erhalten höhere Temperatur; Schiesspulver wird entzündet, dünne Metalldrähte als Leiter des Entladungsstromes glühen oder schmelzen;

d. physiologische Wirkungen: Muskeln und Nerven werden durch die elektrische Entladung erschüttert;

e. chemische Wirkungen: Flüssigkeiten, durch welche Elektricität entladen wird, werden chemisch zersetzt, Sauerstoff wird durch die elektrischen Funken in Ozon verwandelt, getrennte Gase werden, wenn Elektricität durch sie entladen wird, chemisch vereinigt;

f. magnetische Wirkungen: Stahlnadeln in einer Glasröhre, um welche in Drahtspiralen ein elektrischer Entladungsstrom geleitet wird, werden magnetisch; werden elektrische Entladungen in möglichst vielen Windungen gut isolirten (mit Seide umsponnenen) Drahtes über und unter einer Magnetnadel weg geleitet, so wird letztere aus ihrer Ruhelage abgelenkt.

Luftelektricität, Gewitter, St. Elmsfeuer, Nordlicht. — Die Elektricität der Luft ist sehr veränderlich, aber fast immer positiv. Man unterscheidet, abgesehen von den durch Witterungswechsel hervorgerufenen Schwankungen im Maass der Luftelektricität tägliche und jährliche Perioden: von Sonnenaufgang, wo sie nur schwach ist, zunehmend erreicht sie im Sommer bis 6 oder 7 Uhr, im Frühling und Herbst bis 8 oder 9 Uhr und im Winter bis 10 oder 11 Uhr ihr erstes Maximum. Hiernach nimmt ihre Intensität wieder ab, um einige Stunden vor Sonnenuntergang ihr erstes Minimum zu erreichen; kurz vor Sonnenuntergang wächst sie wieder und erreicht etwa zwei Stunden nach demselben ihr zweites Maximum, von hier ab vermindert sie sich wieder, um bis gegen Sonnenaufgang auf das zweite Minimum herabzusinken. Innerhalb der vier Jahreszeiten verändert sich die Luftelektricität mit der Temperatur, sie ist bei niedriger Temperatur stärker, als bei hoher, nimmt also im Winter mit der Kälte zu und im Sommer mit der Wärme ab.

Die Wolkenelektricität ist ebenfalls meistens positiv. Hierdurch erhält die Erdoberfläche negative Elektricität. Nähert sich die Wolke der Erde, so nimmt die Spannung zwischen den beiden entgegengesetzten Elektricitäten zu, bis unter der Erscheinung des Blitzes die Ausgleichung erfolgt.

Eine durch verschieden erwärmte Luftschichten gehende positiv elektrische Wolke kann hierdurch unelektrisch oder auch negativ elektrisch werden. Aus diesem Umstande erklären sich die elektrischen Ausgleichungen (Blitze) zwischen Wolken.

Die Blitze unterscheidet man ihrer Gestalt nach in Zickzack-, Flächen- und Kugelblitze. Die ersten entsprechen den durch die Elektrisirmaschine zu erzeugenden gewöhnlichen elektrischen Funken, die zweiten den auf Seite 16 besprochenen Büscheln. Die letzte Gattung wird nur selten beobachtet; ihre Entstehungsweise ist zur Zeit noch nicht erklärt.

Der den Blitz begleitende Donner entspricht dem bei der Entladung der Leydener Flasche hervorgebrachten Knall, er entsteht in Folge plötzlicher Ausdehnung der Luft auf der Bahn des Blitzes, wodurch die benachbarten Luftschichten in starke Schwingungen versetzt werden.

Das sogenannte Wetterleuchten, bei welchem kein Donner gehört wird, ist nur der Widerschein sehr entfernter Gewitter.

Auf seiner Bahn zur Erde wirkt der Blitz auf schlechte Leiter zerstörend, an guten Leitern von hinreichender Stärke, d. i. von geringem Widerstande verfolgt er seinen Weg bis auf das Grundwasser ohne erhebliche Verletzungen, oft sogar ohne eine Spur mechanischer Wirkung zurückzulassen.

Als eine elektrische Erscheinung ist auch das sogenannte St. Elmsfeuer aufzufassen, welches Abends oder Nachts während eines stark elektrischen Zustandes der Luft an den Spitzen hoher Gegenstände zuweilen beobachtet wird. Es ist ein Ausströmen der von der Erdoberfläche zugeleiteten Elektricität nach höheren mit entgegengesetzter Elektricität geladenen Luftschichten.

Auch das Nordlicht ist eine elektrische Erscheinung, welche indessen mit der Luftelektricität anscheinend in keinem Zusammenhange steht, dessen Ursache vielmehr auf den Erdmagnetismus zurückzuführen sein wird. Man darf dies u. A. aus den von Nordlichtern auf Magnetnadeln direct hervorgerufenen Wirkungen schliessen.

Das Nordlicht erscheint zunächst als ein blassgelber, bogenförmiger, ein dunkleres Segment begrenzender Streifen, dessen höchster Punkt in die Richtung des magnetischen Meridians fällt. Von dem Lichtbogen schiessen später Strahlen aus, welche sich bei hinreichender Verlängerung über das Himmelsgewölbe in einem Punkte treffen und zur sogenannten Krone vereinigen. Diese Vereinigung erfolgt in einem der Richtung des Südendes der Inclinationsnadel entsprechenden Punkte.

Dritter Abschnitt.

Galvanismus.

Entdeckung des Galvanismus. — In Bologna lebte im vorigen Jahrhundert ein Professor der Medizin, Namens Galvani. Derselbe machte bei Gelegenheit einer wissenschaftlichen Untersuchung zufällig die Wahrnehmung, dass ein getödteter Frosch lebhafte Zuckungen erleidet, wenn man seine Muskeln mit einem Eisendrahte und seine Nerven mit einem Kupferdrahte berührt und beide Drähte metallisch mit einander verbindet. Diese Entdeckung erregte natürlich allgemeines Aufsehen und gab Grund zu mancherlei wissenschaftlichen Streitigkeiten unter Gelehrten sowohl als unter Laien, bis endlich ein berühmter Physiker jener Zeit, Alexander Volta, Professor zu Pavia, durch verschiedene Versuche darthat, dass jene in den Muskeln und Nerven des getödteten Frosches wirkende Kraft nichts andres sei, als die damals schon bekannte Elektricität, deren Wirkung durch Reibung gewisser Körper zur Geltung kommt, nur mit dem Unterschiede, dass die durch Galvani entdeckte Elektricität schon durch Berührung zweier verschiedenartiger Körper erweckt werde.

Entstehung der galvanischen Elektricität. — Zur Erzeugung der durch Galvani entdeckten Berührungs-Elektricität (Contact-Elektricität) eignen sich vorzüglich Metalle. Legt man z. B. eine Zinkplatte und eine Kupferplatte mit je einem ihrer Ränder gegen einander, so wird durch diese metallische Berührung eine Kraft erregt (elektromotorische Kraft), welche beide Platten elektrisch macht, indem dieselbe die $\pm E$ jeder Platte zerlegt und nach der einen Platte $+ E$, nach der an-

deren — *E* hintreibt. Nach Helmholtz soll die Ursache dieser Kraft in einer nur in unmessbar kleinen Entfernungen wirkenden verschieden starken Anziehung der verschiedenen Metalle auf die beiden Elektricitäten zu suchen sein. Zink z. B. zieht stärker die positive und Kupfer stärker die negative Elektricität an. Bringt man diese beiden Metalle daher mit einander in Berührung, dann wird von der Berührungsstelle ausgehend in Folge jener Verschiedenheit der Anziehung die ± *E* jeder Platte zerlegt: die + *E* fliesst zum Zink, die — *E* zum Kupfer. Auf jedes elektrische Fluidum wirken hierbei zwei Kräfte, nämlich die Anziehung der getrennten Elektricitäten aufeinander und die Anziehung der Metalle auf dieselben. Sobald beide Kräfte im Gleichgewicht sind, hört die elektrische Vertheilung auf.

Die elektromotorische Kraft ist nur von der Verschiedenheit und nicht von der Grösse der sich berührenden Metalle abhängig.

Die elektrische Spannungsreihe. — Sämmtliche Metalle lassen sich in eine Reihe derart ordnen, dass jedes in derselben voranstehende durch Berührung mit einem nachfolgenden positiv elektrisch erregt wird. In dieser Reihe, der sogenannten Spannungsreihe, in welche sich ausser den Metallen noch Kohle und einige Superoxyde unterbringen lassen, ist ausserdem die elektrische Differenz zweier Metalle gleich der Summe der elektrischen Differenzen aller zwischenliegenden.

Setzt man die Grösse der elektrischen Erregung zwischen Zink und Kupfer gleich 100, so ist dieselbe in der nachfolgenden Spannungsreihe

zwischen	Zink	*(Zn)* und	Zink	*(Zn)*	= 0
„	„	„	Blei	*(Pb)*	= 45
„	„	„	Zinn	*(Sn)*	= 50
„	„	„	Eisen	*(Fe)*	= 80
„	„	„	Kupfer	*(Cu)*	= 100
„	„	„	Silber	*(Ag)*	= 110
„	„	„	Gold	*(Au)*	= 115
„	„	„	Platina	*(Pt)*	= 125
„	„	„	Kohle		= 150
„	„	„	Braunstein		—.

Zwischen Zinn und Kupfer ist nach Obigem die elektrische Differenz (50) gleich der Summe der elektrischen Differenzen zwischen Zinn | Eisen (30) und Eisen | Kupfer (20).

Werden mehrere verschiedene Metalle nach einander in Contact gebracht, oder mehrere verschiedene Metallplatten über einander geschichtet, so ist die elektrische Erregung dieselbe, als wären die Endmetalle unmittelbar an- oder aufeinander gelegt. ($Zn|Fe + Fe|Cu + Cu|Pt = 80 + 20 + 25 = Zn|Pt = 125$).

Hieraus folgt, dass die Wahl des Verbindungsbügels zweier durch denselben in metallische Berührung zu bringenden Metalle auf die elektromotorische Kraft keinen Einfluss hat. Endlich aber ergiebt sich aus dem Vorstehenden auch, dass durch einen Zwischenkörper aus Metall Elektricität zwischen zwei sich berührenden Metallen nicht ausgeglichen werden kann. Wollte man z. B. die im vorherigen Beispiel aus Zink, Eisen, Kupfer und Platin gebildete Kette durch einen Silberdraht schliessen, so würde sich ergeben:

$$Zn|Fe + Fe|Cu + Cu|Pt + Pt|Ag + Ag|Zn =$$
$$80 + 20 + 25 - 15 - 110 = 0.$$

Die Elektricitätserregung zwischen $Pt|Ag$ und $Ag|Zn$ ist derjenigen zwischen den übrigen Plattenpaaren entgegengesetzt.

Zur Herbeiführung einer Ausgleichung der durch Berührung verschiedener Metalle erzeugten Elektricität ist die Einschiebung eines sogenannten indifferenten Leiters erforderlich, eines Leiters, welcher entweder überhaupt nicht oder nicht nach dem Gesetz der Spannungsreihe der Metalle elektromotorisch wirkt. Derartige Leiter sind alle Flüssigkeiten. Dass letztere auf die elektrische Erregung vollständig einflusslos seien, hat man nur Anfangs nach der Entdeckung der Berührungselektricität durch Galvani angenommen; doch hat bald hierauf schon Volta nachgewiesen, dass Metallplatten, mit Wasser in Berührung gebracht, negativ elektrisch werden.

Nach Buff ergeben sich bei Berührung eines Metalls mit einer Flüssigkeit folgende elektrischen Erregungen:

In reinem Wasser werden die Metalle negativ; Zink stark, Platin schwach negativ.

In verdünnter Schwefelsäure: Zink, Eisen, Kupfer in abnehmender Stärke negativ; Gold und Platin positiv. Die

Erregung von Zink ist ebenso gross, die von Kupfer weniger stark, als durch Wasser.

In verdünnter Salpetersäure: Eisen und Zink negativ; Platin und Gold positiv (stärker als durch Schwefelsäure); Kupfer indifferent.

In käuflicher Salpetersäure: Eisen und Zink negativ, aber schwächer als in verdünnter Säure; Platin, Gold, Kupfer positiv.

In ganz concentrirter Salpetersäure: Zink sehr schwach negativ; Platin, Gold, Kupfer, Eisen positiv.

In concentrirter Zinkvitriollösung: Zink stark negativ, Kupfer schwach negativ; Platin positiv.*

Wie schon vorher angedeutet wurde, lassen sich die Flüssigkeiten in die Spannungsreihe der Metalle nicht einordnen. Alle Körper, welche dem Gesetz jener Spannungsreihe folgen, nennt man Leiter erster Klasse, und diejenigen Leiter, welche sich in die Spannungsreihe der Metalle nicht einordnen lassen, Leiter zweiter Klasse.

Kohlrausch hat für den Grad der elektrischen Erregung zwischen einzelnen Flüssigkeiten und Metallen folgende Werthe durch Versuche festgestellt:

Zink|Kupfer = + 100 (Zink positiv, Kupfer negativ);
Zink|Zinkvitriol = — 129 (Zink negativ, Zinkvitriol positiv);
Zink|Schwefelsäure = — 115 (Zink negativ, Schwefelsäure positiv);
Kupfer|Zinkvitriol = — 36 (Kupfer negativ, Zinkvitriol positiv);
Kupfer|Kupfervitriol = — 21,5 (Kupfer negativ, Kupfervitr. positiv);
Amalgam. Zink|Schwefelsäure = — 149 (Zink negativ, Schwefelsäure positiv);
Platin|Salpetersäure = + 149 (Platin positiv, Salpetersäure negativ).

Auch die Flüssigkeiten wirken bei gegenseitiger Berührung elektromotorisch, jedoch ist diese Contactwirkung eine sehr geringe und derjenigen zwischen Metallen unter sich, sowie zwischen Flüssigkeiten und Metallen gegenüber zu vernachlässigen.

Verbindet man eine Zink- und eine Kupferplatte (etwa durch einen Kupferdraht) metallisch und lässt man gleich-

* Wiedemann. Bd. I. S. 29. 1874.

zeitig beide Platten in Lösungen von Zinkvitriol und Kupfervitriol derart tauchen, dass Kupfervitriollösung die Kupferplatte und Zinkvitriollösung die Zinkplatte umgiebt — bez. Anordnungen lernen wir später in der Beschreibung galvanischer Elemente kennen — so fliesst in Folge der metallischen Berührung $+E$ vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer und vom Kupfer durch die metallische Verbindung zum Zink; dieselbe Richtung in ihrer Bewegung nimmt die durch Berührung mit Zink in der Zinkvitriollösung erzeugte $+E$. Umgekehrt aber wird die durch Berührung mit Kupfer in der Kupfervitriollösung erzeugte $+E$ von der Flüssigkeit zum Zink und weiter durch die metallische Verbindung zum Kupfer hin bewegt. Es ist also hier die Summe der elektromotorischen Kräfte:

$$100 + 129 - 21{,}5.$$

Verbindet man in gleicher Weise eine amalgamirte Zink- und eine Platinplatte metallisch und lässt man das Zink in verdünnte Schwefelsäure und das Platin in concentrirte Salpetersäure tauchen — die beiden Flüssigkeiten mit dem betreffenden metallischen Elektromotor mögen durch eine poröse Scheidewand, etwa durch eine Thonzelle von einander geschieden sein — so fliesst auch hier die durch den metallischen Contact erregte $+E$ vom Zink durch die Flüssigkeit zum Platin, und vom Platin in den Verbindungsdraht; in gleicher Richtung bewegt sich die durch Berührung mit Zink in der Schwefelsäure erregte $+E$ durch die Flüssigkeit zum Platin, vom Platin in den Verbindungsdraht, und endlich ebenso die durch Berührung mit der concentrirten Salpetersäure auf dem Platin erregte $+E$ von diesem durch den Verbindungsdraht zum Zink.

Setzt man in Ermangelung genauerer Angaben die elektrische Erregung zwischen amalgamirtem Zink und Platin gleich derjenigen zwischen Zink und Platin = 125, so ist in der zuletzt gegebenen Anordnung die Summe der elektromotorischen Kräfte

$$125 + 149 + 149.$$

Aus diesen Beispielen ergiebt sich, dass die Menge der in einer aus Leitern erster und zweiter Klasse zusammengesetzten Kette circulirenden Elektricität proportional der Summe der in derselben wirkenden elektromotorischen Kräfte ist und dass sich ferner die $+E$ in der Flüssigkeit vom positiven zum

negativen Metall, ausserhalb der Flüssigkeit aber im Verbindungsdraht vom negativen zum positiven Metall der Spannungsreihe hin bewegt.

Volta'sche Säule. — Volta vereinigte mehrere Kupfer- und Zinkplatten mit dazwischen geschobenen, in schwach saurem Wasser angefeuchteten Tuchscheiben zu einer Säule (Volta'sche Säule) (s. Fig. 8) und verstärkte, indem er auf diese Weise grössere Elektricitätsmassen in Bewegung setzte, den galvanischen Strom.

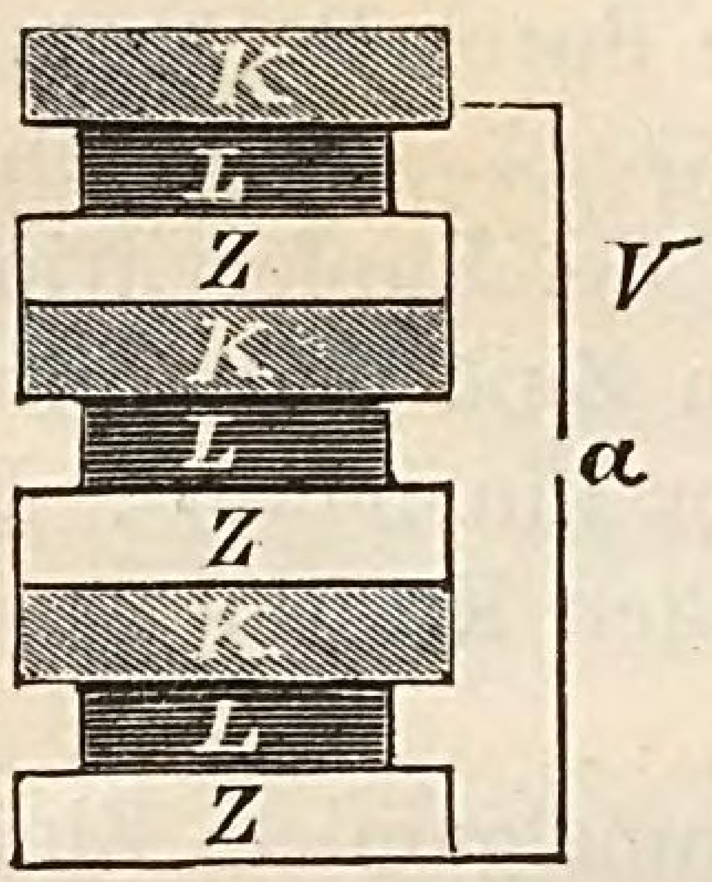


Fig. 8.

V ist der Verbindungsdraht der beiden Endplatten, der sogenannte Schliessungsbogen. Sobald derselbe, etwa bei *a*, unterbrochen wird, hört die Stromes-Circulation auf. Man sagt, die Säule ist geöffnet. Im andern Falle nennt man sie geschlossen. Die beiden Endplatten *K* und *Z* heissen Pole, und zwar bildet *K* (die Kupferplatte), obgleich Kupfer durch die Berührung mit Zink negativ elektrisch erregt wird, den positiven Pol, weil von diesem aus die durch den feuchten Leiter vom Zink aus sich bewegende $+E$ aus der Säule in den Schliessungsbogen *V* tritt. Umgekehrt wird *Z* (die letzte Zinkplatte) zum negativen Pole, weil von da aus $-E$ in den Schliessungsbogen tritt.

Da die mit verdünnter Säure angefeuchteten Tuchläppchen schnell austrocknen und dann die Wirkung der Säule sich verringert, ersetzt man jene besser durch eine gut leitende Flüssigkeit, mit welcher man Gläser bis zu einer gewissen Höhe anfüllt und in welche man die die Elektricität erregenden Metallplatten (Elektromotoren) eintaucht. Ein solches einzelnes Glas heisst ein galvanisches Element. Mehrere Elemente verbindet man zu einer Batterie, indem man die Kupferplatte jedes Elements immer mit der Zinkplatte des nächstfolgenden durch einen Metallbügel und die Endplatten (Pole) durch den Schliessungsbogen verbindet. In Fig. 9 bewegt sich

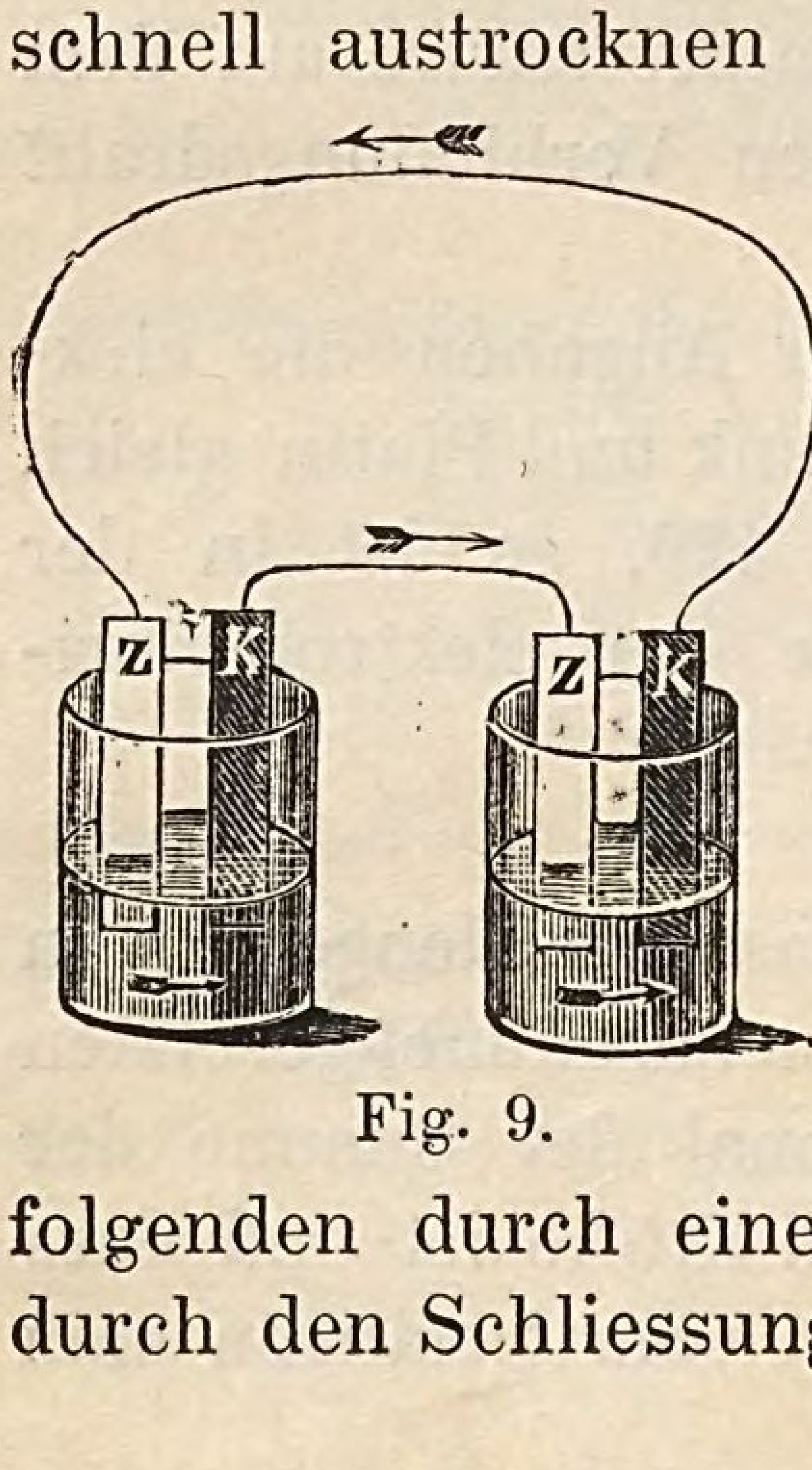


Fig. 9.

die $+E$ ausserhalb des Elements in der Richtung des beigezeichneten Pfeiles durch den Schliessungsbogen, im Element vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer.

Zamboni'sche Säule. — Die sogenannte trockene oder Zamboni'sche Säule besteht aus kleinen Papierscheiben, welche auf einer Seite mit einer dünnen Kupferschicht, auf der anderen Seite mit einer dünnen Zinnschicht bedeckt sind. Man klebt dieselben derart aufeinander, dass die Zinn- und Kupferschichten sich unmittelbar berühren und dass Kupfer, Zinn und Papier immer in derselben Reihenfolge bleiben. Die aus etwa 2000 Scheiben hergestellte Säule wird in eine mit Messingkapseln an beiden Enden verschliessbare Glasröhre möglichst fest eingepresst. In dieser Säule, welche übrigens nur schwache Wirkung zeigt, vertritt das Papier vermöge seiner Eigenschaft, aus der Luft Feuchtigkeit einzusaugen, den feuchten Leiter. Entzieht man dem Papier seine hygroskopische Feuchtigkeit, indem man die Säule neben Chlorcalcium* aufbewahrt, so verliert letztere nach und nach ihre Wirksamkeit.

Erdleitung. — Wenn man einen Poldraht der Batterie K (in Fig. 10 bedeutet ○ den negativen und das eingezeichnete $+$ den positiven Pol einer Batterie von beliebig viel Elementen) durch Einschaltung eines grösseren Leiters, etwa einer Telegraphenleitung zwischen den Aemtern A und B, verlängert, so muss zur Erzielung einer Ausgleichung der beiden Elektricitätsfluiden auch eine Rückleitung von B aus nach dem andern Pole der Batterie K angelegt werden. Wenn dieselbe CD ist, so fliesst die $+E$ in der Richtung $ABCD$, die $-E$ in der von $DCBA$; beide vereinigen sich zu $\pm E$, welche im Schliessungsbogen immer von Neuem zerlegt wird.



Fig. 10.

* Chlorcalcium ($Ca\,Cl_2$), chemische Verbindung von Calcium und Chlor, ist ebenfalls ein hygroskopischer Körper, seine bezügliche Wirkung ist aber bedeutend stärker, als diejenige des Papiers.

Im Jahre 1837 machte Professor Steinheil in München bei einem Versuche, ob die Schienen einer Eisenbahn als Leitung für den galvanischen Strom benutzt werden könnten, die Beobachtung, dass der Strom sehr leicht von dem einen Geleise zu dem gegenüberstehenden durch die Erde hindurchging. Hieraus schloss er, dass die Erde ebenso leitungsfähig sei, wie Metall und deshalb die Stelle eines Rückleiters bei Telegraphenleitungen ersetzen könne. Nach seiner Anschauung würde daher (s. Fig. 11) der positive Strom in der Richtung der Pfeile durch die Leitung zur Erde und durch letztere zum andern Batterie-Pole fliessen.

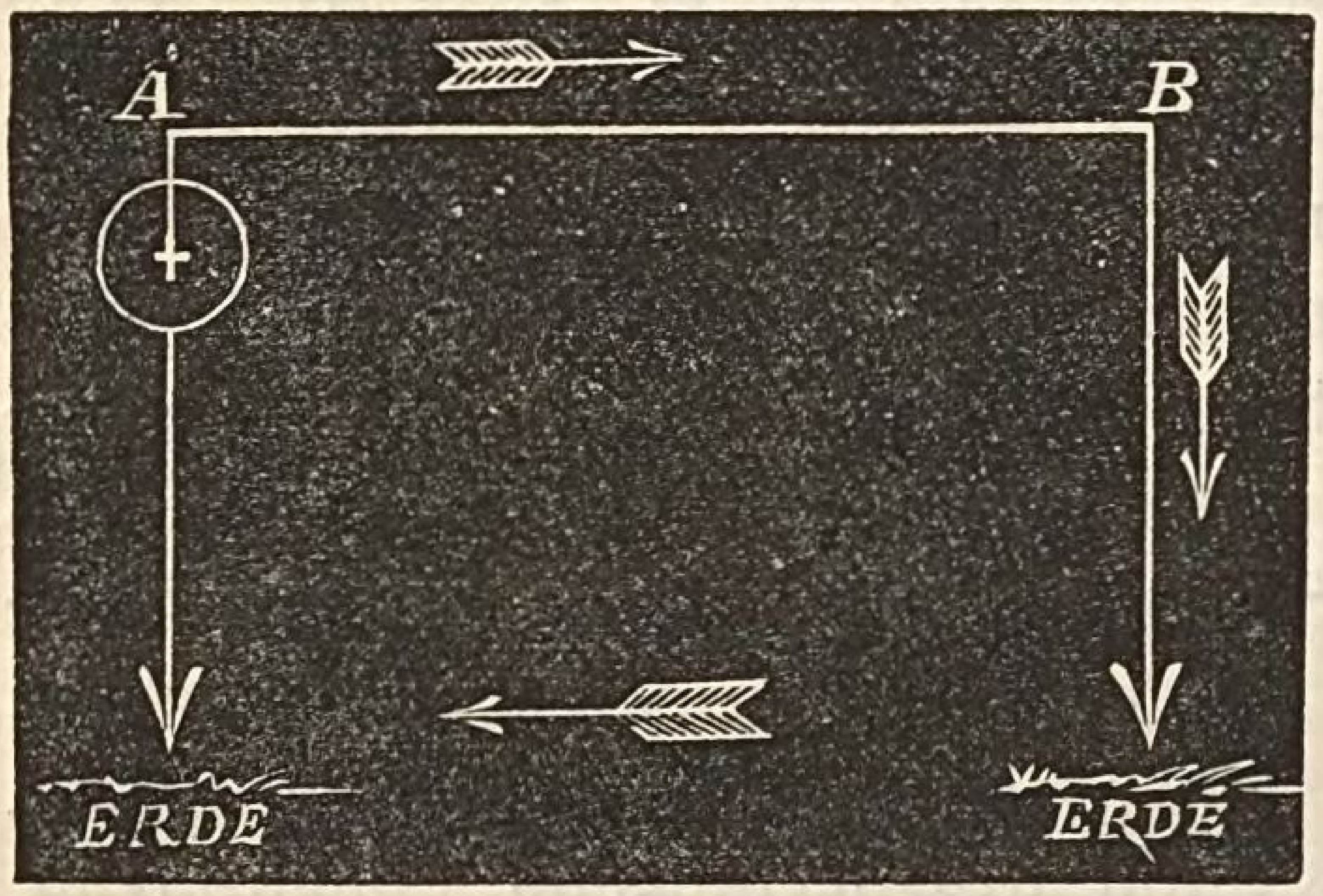


Fig. 11.

Da der Querschnitt der Erde gegenüber dem des Leitungsdrahtes *AB* unendlich gross ist, muss der Widerstand, welchen sie dem Strome bei seinem Durchgange bietet, verschwindend klein werden.

Die Steinheil'sche Entdeckung, die Erde als Rückleiter zu benutzen, hat demnach nicht nur den Vortheil, dass eine zweite Drahtleitung, sondern auch den, dass wegen des verminderten Leitungswiderstandes Batterie-Material gespart wird.

Andere schliessen sich der Ansicht Steinheils nicht an und betrachten die Erde als Reservoir der Elektricität, welches überschüssige Elektricität anderer Körper aufnimmt, und Elektricitätsmangel nach Bedürfniss ersetzt.

Professor Gauss in Göttingen nimmt an, dass die Erde die Elektricität absorbire oder aufsauge.

Die galvanische Elektricität bringt in ähnlicher Weise, wie die Reibungselektricität mechanische, physiologische, Licht und Wärme erregende, magnetische und chemische Wirkungen hervor. Die letzteren, die magnetischen und chemischen Wirkungen, sind der Telegraphie dienstbar gemacht worden und sollen deshalb eingehender im Folgenden besprochen werden.

Magnetische Wirkung des galvanischen Stromes. — Im Jahre 1820 beobachtete Oersted, ein dänischer Physiker, dass der von einem galvanischen Strome durchflossene Leitungsdraht das Bestreben zeigt, eine frei schwebende Magnetnadel senkrecht auf die Ebene zu stellen, welche man sich durch die Stromesrichtung und den Mittelpunkt der Nadel gelegt denkt.

Wenn man demnach in den Schliessungsbogen einer galvanischen Batterie (s. Fig. 12) einen mehrere Meter langen Metalldraht schaltet, welcher in seiner ganzen Länge durch eine Ueberspinnung von Seide gut isolirt auf einen kleinen Holzrahmen so gewickelt ist, dass er die innerhalb des Rahmens freihängende Magnetnadel in mehreren Umwindungen umgiebt, so wird, wenn man diese Vorrichtung in die natürliche Richtung der Magnetnadel stellt, letztere, sobald der Stromkreis geschlossen ist, mit ihren Polen aus der Ebene der Umwindungen heraustreten und bei ausreichend starkem Strome eine zum Rahmen und also auch zu ihrer natürlichen Richtung fast senkrechte Stellung einnehmen.

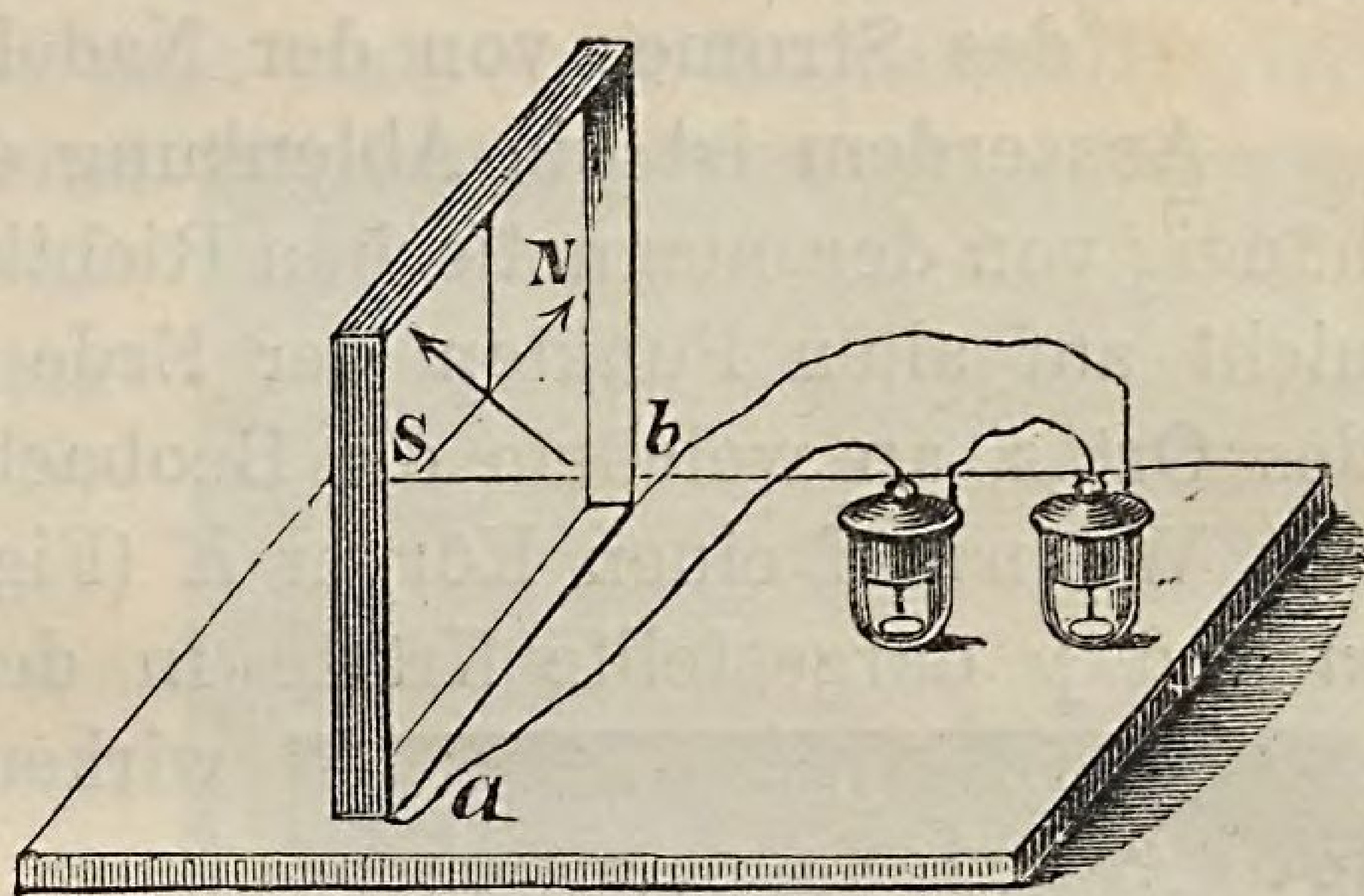


Fig. 12.

Je öfter der Strom ober- und unterhalb der Nadel weggeleitet wird, desto stärker ist sein Einfluss auf die Magnetnadel und desto grösser der Winkel, um welchen letztere aus der Nordsüd-Richtung abgelenkt wird. Wegen dieser Vervielfältigung des Ablenkungvermögens durch Vermehrung der Drahtumwindungen nennt man jenes Rähmchen mit den Umwindungen „Multiplicator“.

Richtung und Grösse der Ablenkung. — Die Richtung der Ablenkung bestimmt folgende von Ampère gegebene Regel: „Man denke sich in den vom galvanischen Strome durchflossenen Draht eine kleine menschliche Figur so hinein gelegt, dass der positive Strom zu den Füssen ein- und am Kopfe austritt, und dass diese Figur der Magnetnadel das Gesicht zukehrt, so wird das nach Norden zeigende Ende der Nadel nach der linken Hand der Figur abgelenkt.“

Die Grösse der Ablenkung einer Magnetnadel durch den galvanischen Strom ist:

1. Annähernd proportional der Anzahl der Umwindungen des Multiplicators;
2. Proportional der Stromstärke;
3. Umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung des Stromes von der Nadel.

Ausserdem ist die Ablenkung einer Magnetnadel noch abhängig von der magnetischen Richtkraft der Erde, und da diese nicht auf allen Punkten der Erde dieselbe ist, von der Lage des Ortes, an welchem die Beobachtungen angestellt werden.

Wenn auf einen Körper *K* (Fig. 13) zwei durch die Linien *m* und *p* dargestellte Kräfte in der Richtung von *ab* und *ac* wirken, dann erfolgt die Bewegung jenes Körpers in der Richtung der Diagonale eines Parallelogramms, welches durch die Linien *ac* und *ab* und die durch die Punkte *b* und *c* zu ihnen gezogenen Parallelen gebildet wird. Die Diagonale *ad* bezeichnet sowohl die Richtung als auch die Grösse der zur Wirkung gelangenden (resultirenden) Kraft.

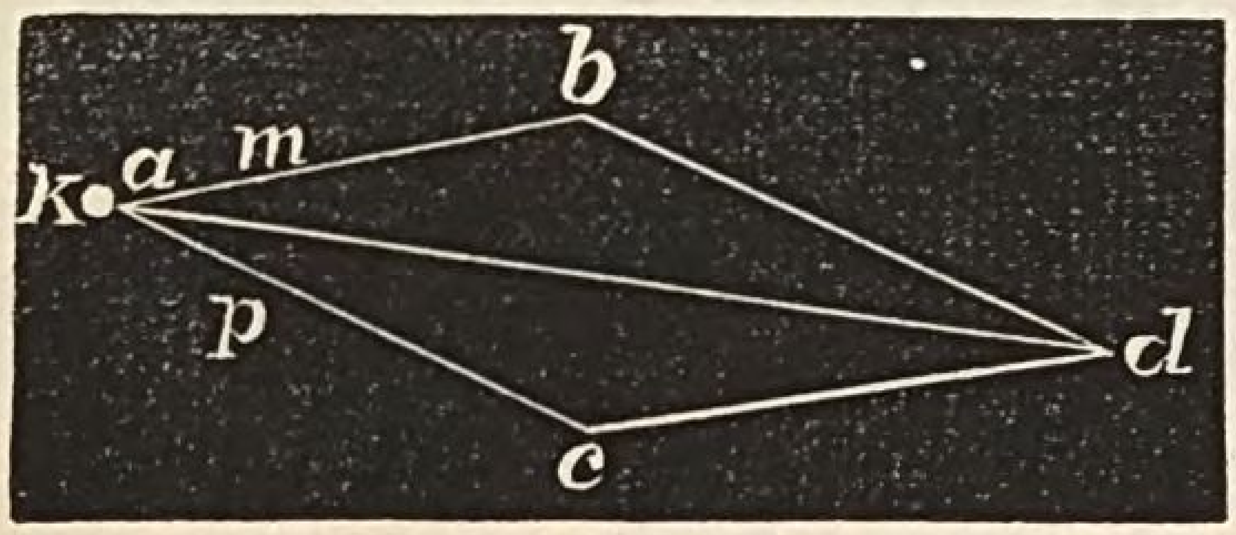


Fig. 13.

Jenes Parallelogramm heisst das „Parallelogramm der Kräfte".

Wenn also *SN* (s. Fig. 14) die in der Richtung von Süden nach Norden frei hängende Nadel und *P* die Grösse der magnetischen Richtkraft der Erde (die Richtung, in welcher dieselbe wirkt, ist die der Nadel in ihrer natürlichen Lage), *M* die magnetische Kraft des Stromes (dieselbe ist immer senkrecht zur Stromesrichtung, d. h. zu den Umwindungen des Multiplicators) bedeutet, so erfolgt die Wirkung in der Richtung der Diagonale *NQ*, d. h. die Nadel wird derselben parallel abgelenkt und nimmt die Lage von $S_1 N_1$ an. Hierbei ist

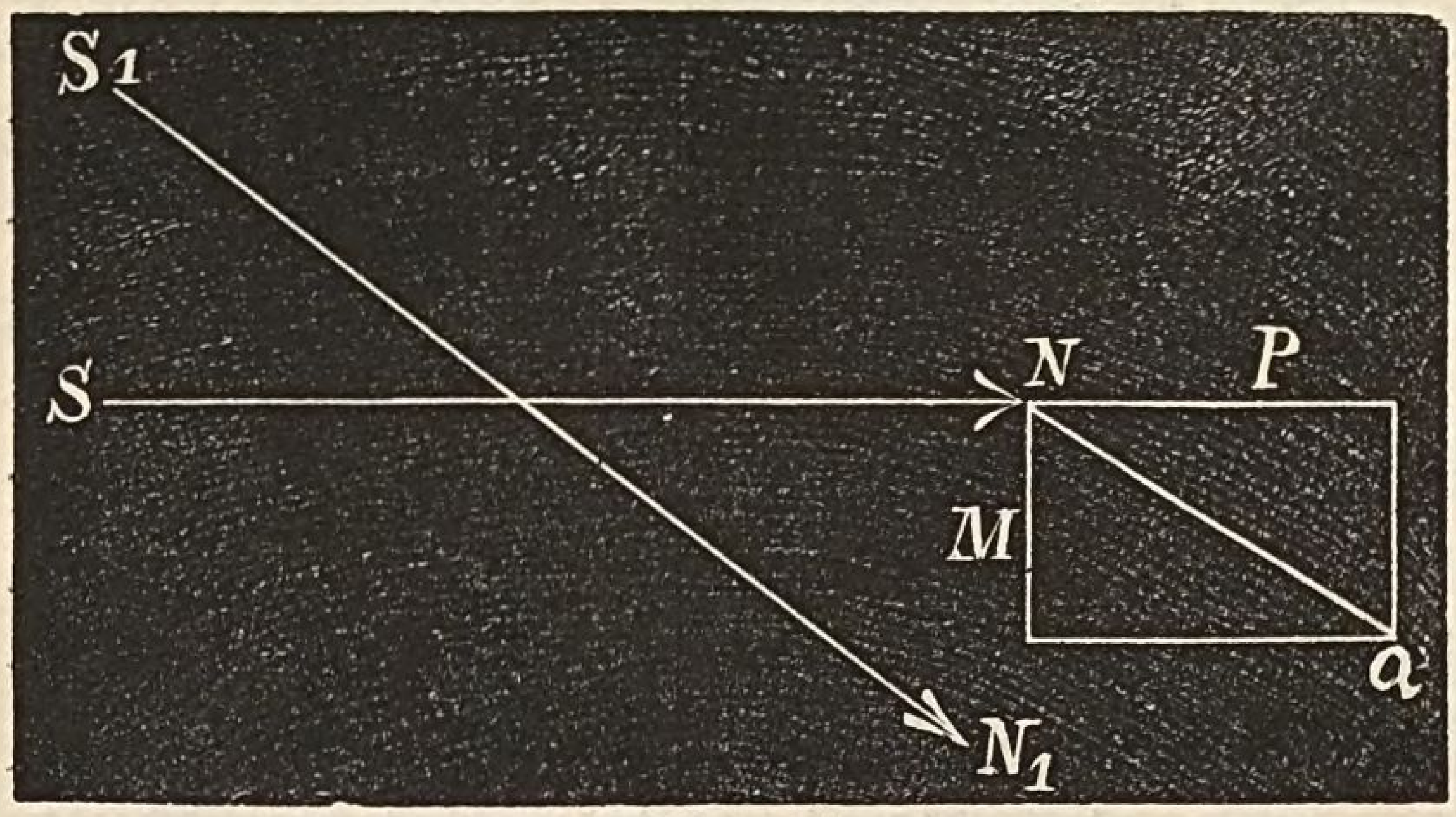


Fig. 14.

vorausgesetzt, dass die Umwindungen der natürlichen Lage der Magnetnadel parallel sind.

Astatische Nadeln. — Will man ein Magnetnadel-System dem Einflusse des Erdmagnetismus möglichst entziehen und dasselbe für die schwächsten galvanischen Ströme noch empfindlich machen, so wendet man statt einer Magnetnadel deren zwei an (s. Fig. 15), d. h. man verbindet zwei Nadeln von annähernd gleich starkem Magnetismus zu einem festen System so miteinander, dass sie zwar parallel, aber, was die Pole anbelangt, entgegengesetzt gerichtet sind.

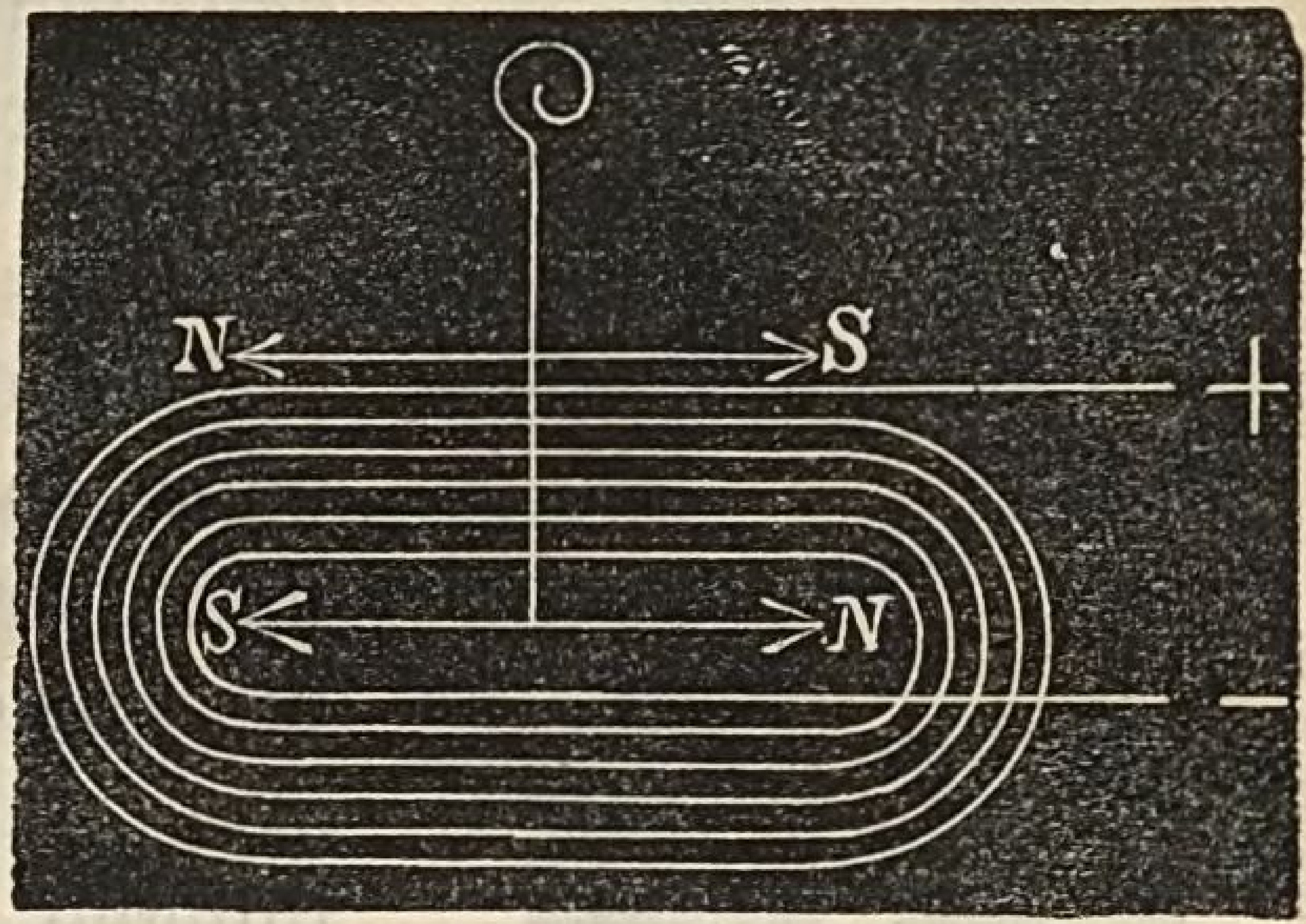


Fig. 15.

Bei derartigen (astatischen) Nadeln kommt der Erdmagnetismus nur vermindert und zwar mit einer Kraft zur Wirkung, welche der Differenz der Intensitäten beider Nadeln entspricht. Damit der Strom auf letztere in gleichem Sinne wirke, darf das Multiplicatorgewinde nur eine Nadel umgeben; die zweite Nadel bleibt ausserhalb bezw. über jenem.

Galvanoskop und Galvanometer. — Man kann mittels magnetischer Nadeln nicht nur das Vorhandensein galvanischer Ströme, sondern auch deren Stärke prüfen. Instrumente, welche nur zu Ersterem dienen, nennt man Galvanoskope, während andere mit besonderen Vorrichtungen zur Feststellung der Grösse der Nadel-Ablenkungen und somit der Stärke des in den Drahtwindungen circulirenden Stromes Galvanometer genannt werden. Die Einrichtung derselben ist verschieden: bei den einen bewegt sich die Nadel in horizontaler, bei den andern in verticaler Ebene.

Eine eingehende Besprechung der verschiedenen Systeme folgt später.

Elektromagnet. — Der galvanische Strom ist nicht nur im Stande, eine Magnetnadel abzulenken, sondern er wirkt auch auf unmagnetisches Eisen magnetisirend.

Legt man um einen kurzen Eisenstab spiralförmig mehrere Lagen mit Seide übersponnenen Kupferdrahtes und verbindet man die freien Enden desselben mit den beiden Polen einer galvanischen Batterie, so wird das Eisen so lange magnetisch, als die Batterie geschlossen ist. Je weicheres Eisen man hierzu verwendet, desto schneller tritt der Magnetismus ein und desto eher verschwindet er wieder beim Oeffnen des Stromkreises.

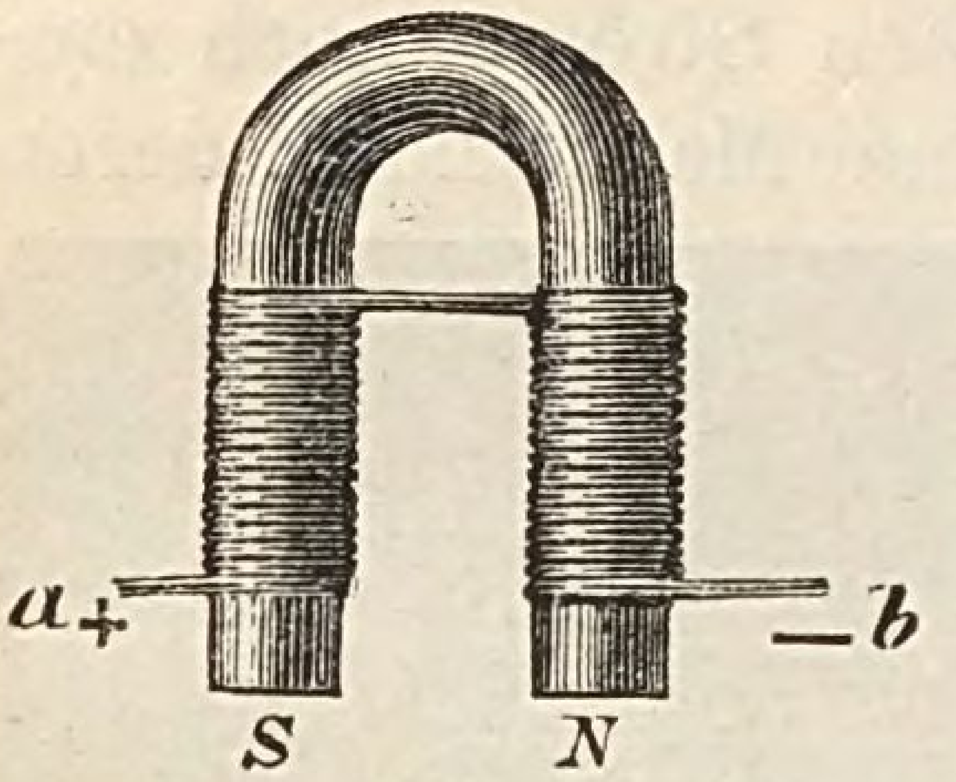


Fig. 16.

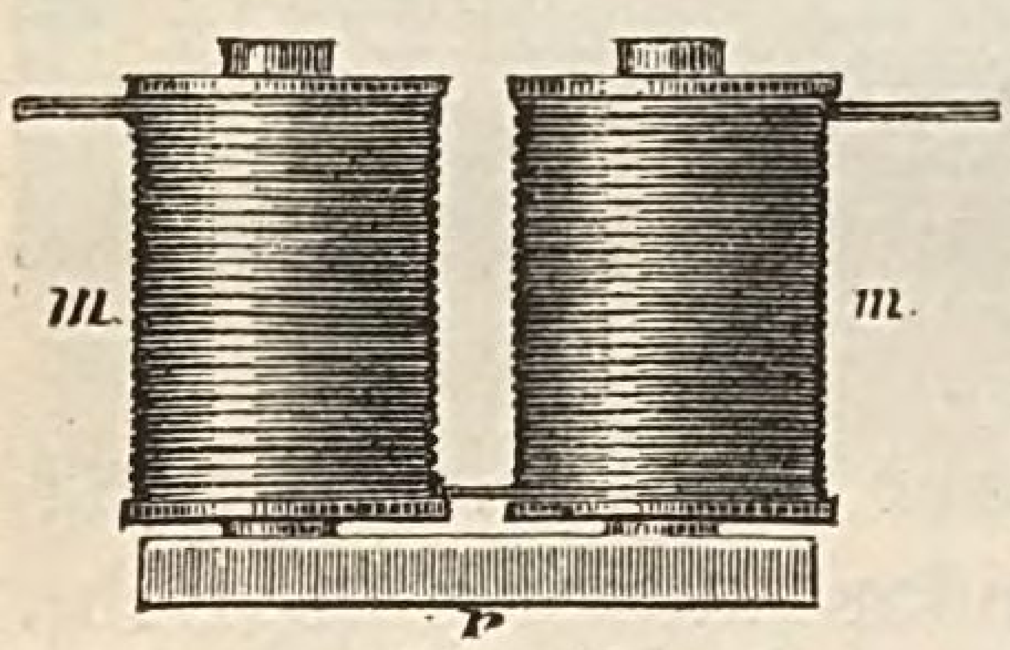


Fig. 17.

Ein solcher Eisenstab, entweder hufeisenförmig gebogen (siehe Fig. 16) oder so aus drei Theilen bestehend, dass der eiserne Querstab *r* (Fig. 17) die beiden aufgeschraubten Schenkel *mm* trägt, wird mit seinen Umwindungen Elektromagnet genannt. Für die magnetische Polbildung gilt auch hier die Ampère'sche Regel: Wenn man sich in die vom Strome durchflossenen Umwindungen eines geraden oder in Hufeisenform gebogenen Eisenstabes eine menschliche Figur so gelegt denkt, dass der positive Strom zu den Füssen ein- und am Kopfe austritt, so wird, wenn das Gesicht der Figur dem Eisenkerne zugekehrt ist, zur linken Hand ein Nordpol gebildet.

Statt den isolirten Draht direct auf den Eisenstab zu wickeln, legt man ihn spiralförmig auf eine Hülse aus Holz oder Pappe, welche man beliebig auf den Eisenkern aufschieben oder von demselben abheben kann. Man nennt solche Drahtrollen Magnetisirungs-Spiralen.

Die magnetisirende Kraft M der Spirale steht in directem Verhältnisse zur Anzahl n der Umwindungen und zur Stärke des Stromes S, welcher dieselben durchläuft. Es ist daher: $M = nS$.

Wenn die Enden des Eisenstabes weit genug auf beiden Seiten aus der Spirale hervorragen, ist die Weite der Windungen auf die Stärke des zu erzielenden Magnetismus ohne Einfluss. Es wirken unter dieser Bedingung auch die

äussersten Umwindungen einer mit sehr vielen Drahtlagen bedeckten Spiralhülse noch magnetisirend.

Für jeden Eisenkern giebt es ein Maximum des Magnetismus, welches nicht überschritten werden kann. Dieses Maximum steht in directem Verhältnisse zu dem Quadrat des Durchmessers oder zu dem Querschnitt des Stabes.

Von zwei gleich langen, aber nicht gleich dicken Eisenstäben, welche verschiedene Ströme in derselben Anzahl von Umwindungen umkreisen, wird zwar der dünnere den grösstmöglichsten Magnetismus bei geringerer Stromstärke erreichen als der dickere, bei letzterem aber wird unter Anwendung eines stärkeren Stromes höherer Magnetismus zu erzielen sein.

Um die Tragkraft eines magnetisirten Eisenstabes zu prüfen, hängt man ein Eisenstück, den sogenannten Anker, an den einen Pol und beschwert dasselbe so lange, bis es abfällt. Hat der Eisenstab Hufeisenform, so dass der Anker von beiden Polen gehalten wird, so ist die Anziehungs- bezw. Tragkraft bedeutend grösser, als beim graden Stabe.

Die Ankeranziehung ist die Folge einer magnetischen Vertheilung. Die Molecüle des Ankers, welche so lagern, dass ihre magnetischen Kräfte sich neutralisiren, werden unter dem Einflusse des Elektromagneten so gerichtet, dass sich wirksame Pole bilden. Je mehr solche Theilchen gerichtet werden können, desto stärker ist die wechselseitige Wirkung zwischen Anker und Elektromagneten; d. h. die Anziehung und Tragkraft eines Elektromagneten ist nicht nur von der Stromstärke, Umwindungszahl und Dicke der Eisenkerne, sondern auch von der Masse des Ankers abhängig. Endlich ist die Temperatur des Eisenstabes von Einfluss auf den in ihm erzeugten Magnetismus; derselbe nimmt bei Wärmezunahme ab.

Remanenter Magnetismus. — Wenn ein galvanischer Strom lange Zeit in gleicher Richtung Eisen umkreist, so behält letzteres schliesslich einen Theil des erregten Magnetismus auch dann noch, wenn der Stromkreis wieder geöffnet ist.

Besonders langsam verschwindet dieser Magnetismus (remanenter Magnetismus) bei vorliegendem Anker.

Steckt man eine vom galvanischen Strome durchflossene Spirale auf einen Magnetstab, so wird der Magnetismus des letzteren entweder verstärkt oder geschwächt bezw. ganz aufgehoben, je nach der Richtung des Stromes in der Spirale. Die Ampère'sche Regel würde hier in folgender Form anzuwenden sein: „Denkt man sich in die Drahtumwindungen eines wirklichen Magnetstabes eine menschliche Figur so gelegt, dass der positive Strom zu den Füssen ein- und am Kopfe austritt, und dass das Gesicht der Figur dem Stabe zugekehrt ist, dann wird, wenn der Nordpol linker Hand liegt, der Magnetismus verstärkt, im anderen Falle geschwächt oder, wenn der Strom stark genug ist, aufgehoben."

Diese den Magnetismus aufhebende Wirkung des galvanischen Stromes giebt uns das einfachste Mittel, den vorhin erwähnten remanenten Magnetismus zu beseitigen oder ihm vorzubeugen, indem man die Richtung des Stromes in der Magnetisirungs-Spirale von Zeit zu Zeit verändert, d. h. den positiven Strom bald an dem einen, bald am andern Ende der Spirale eintreten lässt.

Das wirksamste Mittel, den remanenten Magnetismus aus einem Elektromagnetsystem zu beseitigen, ist das Ausglühen der Eisenkerne und des Ankers.

Chemische Wirkung des galvanischen Stromes. — Alle in der Natur vorkommenden Körper unterscheidet man in einfache (Grundstoffe oder Elemente) und zusammengesetzte. Mit letzteren meint man diejenigen, aus welchen sich mehrere unter sich und von dem ursprünglichen Körper in den Eigenschaften verschiedene Stoffe ausscheiden lassen. Einfache Körper dagegen sind solche, welche mittels der gegenwärtig uns zu Gebote stehenden Mittel nicht in andere Stoffe zerlegt werden können.

Alle Körper sind bis zu einer gewissen Grenze theilbar. Sie bestehen in ihrer letzten Form aus äusserst kleinen, durch mechanische Mittel untheilbaren Theilchen, welche die Chemiker Atome oder Molecüle nennen. Die Molecüle der einfachen Stoffe sind natürlich auch einfach, die Molecüle zusammengesetzter Körper bestehen aus mehreren einfachen Atomen.

Wasser ist ein zusammengesetzter Körper; es besteht aus den beiden Gasen Sauerstoff und Wasserstoff. Ein Molecül Wasser ist die kleinste Menge dieses Körpers, eine weitere Zerlegung desselben in Atome würde das Molecül Wasser als solches vernichten.

Die Grundstoffe vereinigen sich zu neuen Körpern immer in ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen auf Grund der chemischen Verwandtschaft (Affinität).

Im Nachstehenden sind die relativen Atomgewichte der wichtigsten einfachen Körper gegeben:

Wasserstoff	*H* (Hydrogenium)	1
Sauerstoff	*O* (Oxygenium)	16
Stickstoff	*N* (Nitrogenium)	14
Kohlenstoff	*C* (Carbonium)	12
Schwefel	*S* (Sulphur)	32
Chlor	*Cl* (Chlorum)	35,5
Kalium	*K* (Kalium)	39,1
Magnesium	*Mg* (Magnesium)	24
Mangan	*Mn* (Manganium)	55
Eisen	*Fe* (Ferrum)	56
Chrom	*Cr* (Chromium)	52
Zink	*Zn* (Zincum)	65
Kupfer	*Cu* (Cuprum)	63,5
Blei	*Pb* (Plumbum)	207
Quecksilber	*Hg* (Hydrargyrum)	200

HCl bezeichnet ein Molecül der Verbindung Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure), welches aus einem Atom oder 1 Gewichtstheil Wasserstoff und einem Atom oder 35,5 Gewichtstheilen Chlor besteht. Wenn also 36,5 Gewichtstheile Chlorwasserstoffsäure chemisch zersetzt werden, so trennt sich 1 Gewichtstheil Wasserstoff von 35,5 Gewichtstheilen Chlor.

H_2O bezeichnet ein Molecül der Verbindung Wasser; es haben sich hier 2 Atome oder 2 Gewichtstheile Wasserstoff mit 1 Atom oder 16 Gewichtstheilen Sauerstoff chemisch verbunden.

SO_3 Schwefeltrioxyd oder Schwefelsäureanhydrit vereinigt sich mit H_2O zu H_2SO_4 Schwefelsäure:

$$\begin{array}{rl} H_2 & = 2 \\ S & = 32 \\ O_4 & = 64 \\ \hline H_2SO_4 & = 98. \end{array}$$

Säuren sind solche Wasserstoffverbindungen, welche bei Einwirkung auf Metalle oder Metalloxyde ihre Wasserstoffatome unter Bildung der sogenannten Salze gegen Metallatome austauschen. Je nachdem hierbei ein Metalloxyd oder reines Metall mit der Säure in Verbindung tritt, scheidet Wasser oder Wasserstoff aus.

$$Zn + H_2\,SO_4 = Zn\,SO_4 + H_2.$$

Zink Zinkvitriol

$$Zn\,O + H_2\,SO_4 = Zn\,SO_4 + H_2O.$$

Zinkoxyd

Zinkvitriol krystallisirt mit 7 Molecülen Wasser ($Zn\,SO_4 + 7\,H_2O$).

$$Cu + 2\,H_2\,SO_4{}^* = Cu\,SO_4 + 2\,H_2\,O^* + SO_2 =$$

Kupfervitriol Schwefeldioxyd

$$Cu\,SO_4 + H_2\,O + H_2\,SO_3.$$

schweflige Säure.

Kupfervitriol krystallisirt mit 5 Molecülen Wasser ($Cu\,SO_4 + 5\,H_2O$).

Bei allen chemischen Vorgängen sind Wärme, Licht und Elektricität sehr wichtige Faktoren: sie verstärken oder schwächen die chemische Verwandtschaft je nach der besonderen Natur der in Betracht kommenden Grundstoffe oder nach der Grösse und Richtung einer durch jene äusseren Einflüsse erzeugten Bewegung.

Die Zersetzung eines Körpers bei dem Durchleiten des galvanischen Stromes heisst Elektrolyse.

In den Schliessungsbogen einer Volta'schen Säule sollen zwei in Wasser getauchte Metallplatten (Elektroden) *a* und *b* so geschaltet sein, dass der positive Strom bei *b* ein- und bei *a* austritt; (man nennt die Platte, bei welcher der positive Strom

* $2\,H_2\,SO_4$ bedeutet 2 Molecüle Schwefelsäure und $2\,H_2\,O$ 2 Molecüle Wasser.

in die Flüssigkeit eintritt, die Anode oder positive Elektrode, diejenige, bei welcher er wieder austritt, die Kathode oder negative Elektrode, die zu zersetzende Flüssigkeit, hier also das Wasser im Glase *g* „Elektrolyt").

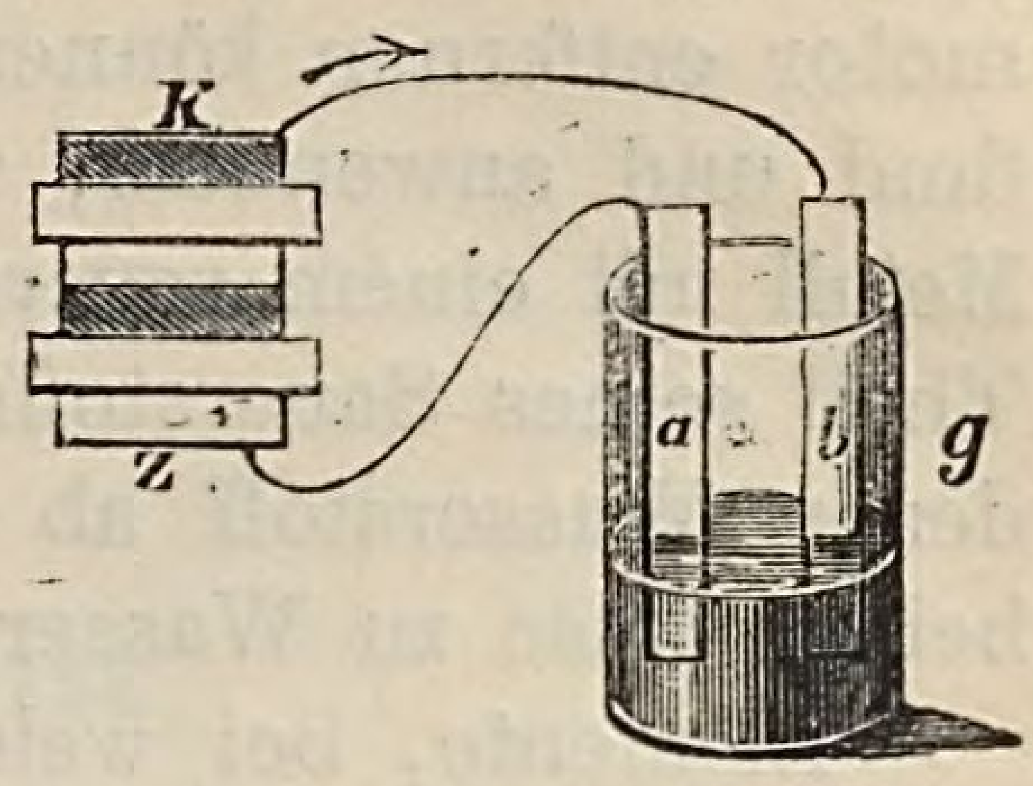


Fig. 18.

Angenommen, die Platten *a* und *b* seien aus Platin, so wird *a* sich nach und nach mit Wasserstoffbläschen bedecken. Wasserstoff ist sehr stark elektropositiv und wird daher von der entgegengesetzten Elektricität des negativen Pols angezogen. Der elektronegative Bestandtheil des Wassers, der Sauerstoff, begiebt sich an die Anode *b*.

Dieser elektrolytische Vorgang, wie wir ihn soeben in einer besonderen Zersetzungszelle ausserhalb der Säule kennen lernten, tritt im galvanischen Element selbst ein und führt einen veränderlichen Zustand seiner elektrischen Wirkung herbei.

In Figur 9 lernten wir ein galvanisches Element kennen, dessen Elektromotoren Zink und Kupfer in einer gut leitenden Flüssigkeit stehen.

Letztere sei verdünnte Schwefelsäure, d. h. Wasser und Schwefelsäure. Ist das Element geschlossen, so wird das Wasser zersetzt; der Sauerstoff geht zum Zink und verbindet sich mit demselben zu Zinkoxyd, welches durch die im Glase vorhandene Schwefelsäure in schwefelsaures Zinkoxyd (Zinkvitriol) verwandelt wird. Letzteres ist ein im Wasser leicht lösliches Salz, so dass die Zinkfläche immer metallisch rein bleibt.

Der zweite Bestandtheil des Wassers, der Wasserstoff, lagert sich auf der Kupferplatte ab, ohne mit diesem Metall eine chemische Verbindung einzugehen. Kupfer bleibt demnach an einzelnen Stellen seiner Fläche in Berührung mit jenem Gase. Da nun letzteres als Elektromotor positiver als Zink ist, geht ausser der vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer fliessenden $+ E$ auch ein positiver Strom vom Wasserstoff durch die Flüssigkeit zum Zink. Dieser Gegenstrom wird um so stärker, je mehr sich Wasserstoff auf der Kupferplatte niederschlägt.

Man nennt den durch jene Gasablagerung bedingten elektromotorischen Vorgang „Polarisation".

Um einen gleichmässigen und beständigen Strom zu erlangen, müsste man den Wasserstoff von dem negativen Elektromotor entfernen können. Der Erste, welcher ein Mittel hierzu fand und anwendete, war Daniell. Er umgab das negative Metall mit einem sauerstoffreichen Körper. Dieser giebt einen Theil seines Sauerstoffs an den durch den Strom ausgeschiedenen Wasserstoff ab und bewirkt so eine Verbindung der beiden Gase zu Wasser.

Elemente, bei welchen auf dem zuletzt erwähnten Wege der Polarisation begegnet wird, nennt man constant, inconstant dagegen diejenigen Elemente, deren Zustand in Folge der Polarisation ein veränderlicher ist.

Vierter Abschnitt.

Galvanische Elemente.

Inconstante Elemente. — Ausser der Volta-Säule sind zu den inconstanten Elementen zu rechnen:

1. Der Trogapparat. Er besteht aus rechtwinkligen Platten von Zink und Kupfer, welche an einander gelöthet sind. Diese Platten stehen einander parallel in einem hölzernen Kasten, dessen innere Wände mit einer isolirenden Substanz überzogen sind, so befestigt gegenüber, dass der Zwischenraum zwischen je zwei Plattenpaaren eine Zelle oder einen Trog bildet. Der Kasten ist mit verdünnter Schwefelsäure angefüllt, welche den feuchten Leiter vertritt.

2. Die Wollaston'sche Batterie. Eine Kupferplatte ist so um die Zinkplatte herumgebogen, dass jeder Seite der Zinkplatte eine Kupferfläche gegenübersteht. Die so construirten Plattenpaare sind dergestalt an eine Holzleiste befestigt, dass sie gleichzeitig in ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure eingetaucht und wiederum aus demselben gehoben werden können.

3. Die Smee'sche (sprich Smie'sche) Batterie aus Zink und platinirtem Silber ist wie die Wollaston'sche construirt, nur ist hier eine Silberplatte an Stelle der Kupferplatte verwendet.

4. Die Sandbatterie. Sie besteht aus einem Holzkasten, welcher vermittelst Schieferplatten in viele wasserdicht gemachte Zellen eingetheilt ist. In jeder derselben steht eine Zink- und eine Kupferplatte in feinem, mit verdünnter Schwefelsäure gesättigtem Sande.

Die Zinkplatte einer Zelle ist immer mit der Kupferplatte der nächsten durch einen schmalen Kupferstreifen verbunden.

Constante Elemente. — 1. Das Daniell'sche Element. Dasselbe ist in Fig. 19 dargesellt: *g* ist ein mit Kupfervitriollösung angefülltes Glasgefäss, in diesem steht ein Cylinder aus Kupferblech *k*, welcher einen mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Becher aus porösem Thon *t* umgiebt. In letzterem steht endlich ein Zinkcylinder *z*. Die sauerstoffreiche Substanz ist der Kupfervitriol. Dieser wird unter dem Einflusse des galvanischen Stromes in Schwefelsäure* und Kupferoxyd zersetzt. Erstere geht durch die poröse Thonzelle zum Zink, dessen Oberfläche ohne ihr Hinzutreten sich durch den aus dem zersetzten Wasser ausgeschiedenen Sauerstoff in Zinkoxyd verwandeln würde, nun aber durch die Bildung von Zinkvitriol, welches Salz im Wasser leicht gelöst wird, rein erhalten bleibt. Das Kupferoxyd, aus Sauerstoff und Kupfer bestehend, giebt ersteren an den aus dem zersetzten Wasser sich ausscheidenden Wasserstoff ab und bewirkt von neuem Wasserbildung. Ein Ablagern der Wasserstoffbläschen auf dem negativen Metalle wird also verhindert.

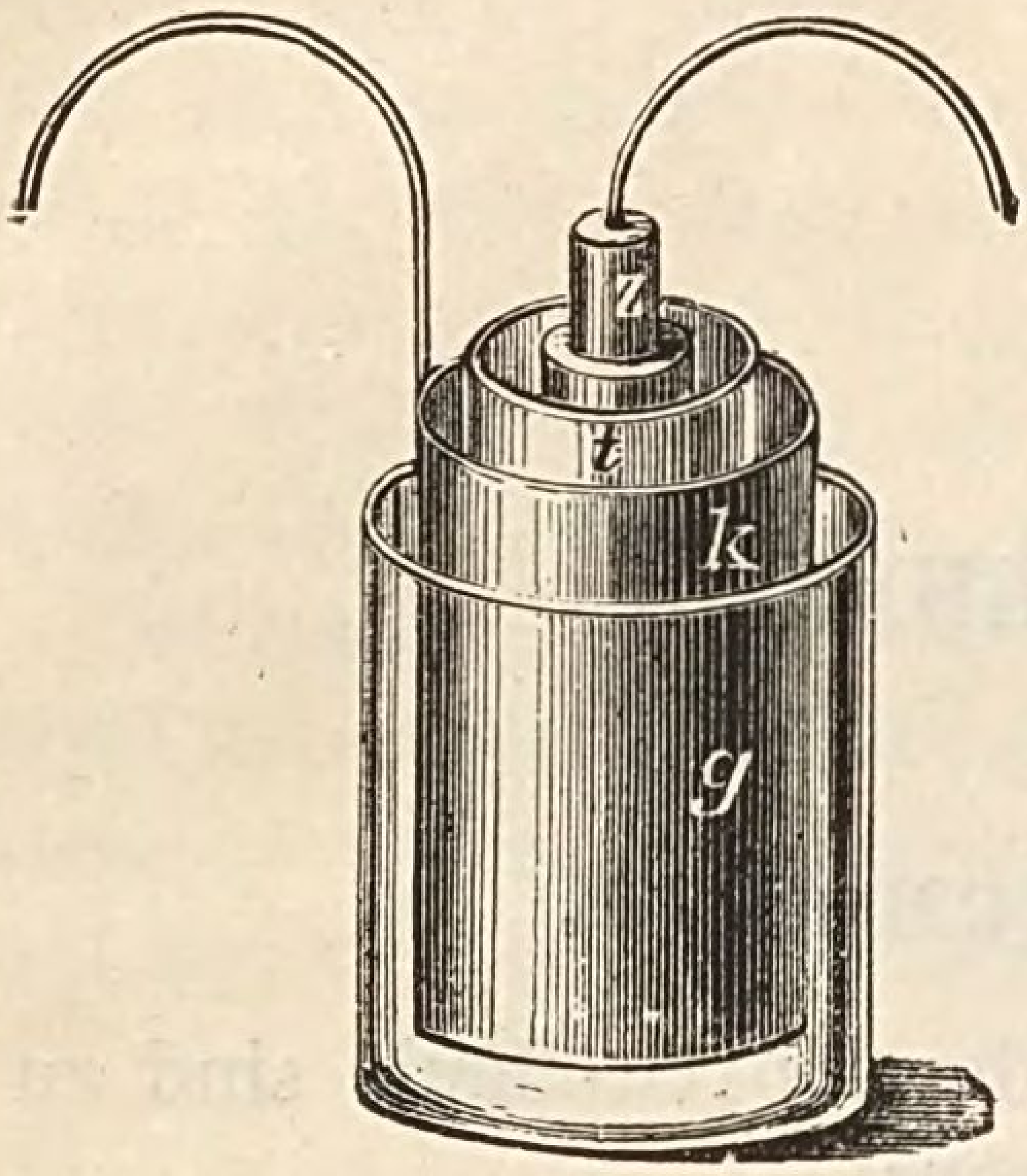


Fig. 19.

Werden mehrere Elemente zu einer Batterie zusammengesetzt, so verbindet man den positiven Pol des einen Elements immer mit dem negativen Pol des nächstfolgenden. Dies gilt auch von den Verbindungen andrer Elemente und wird im Folgenden nicht wiederholt.

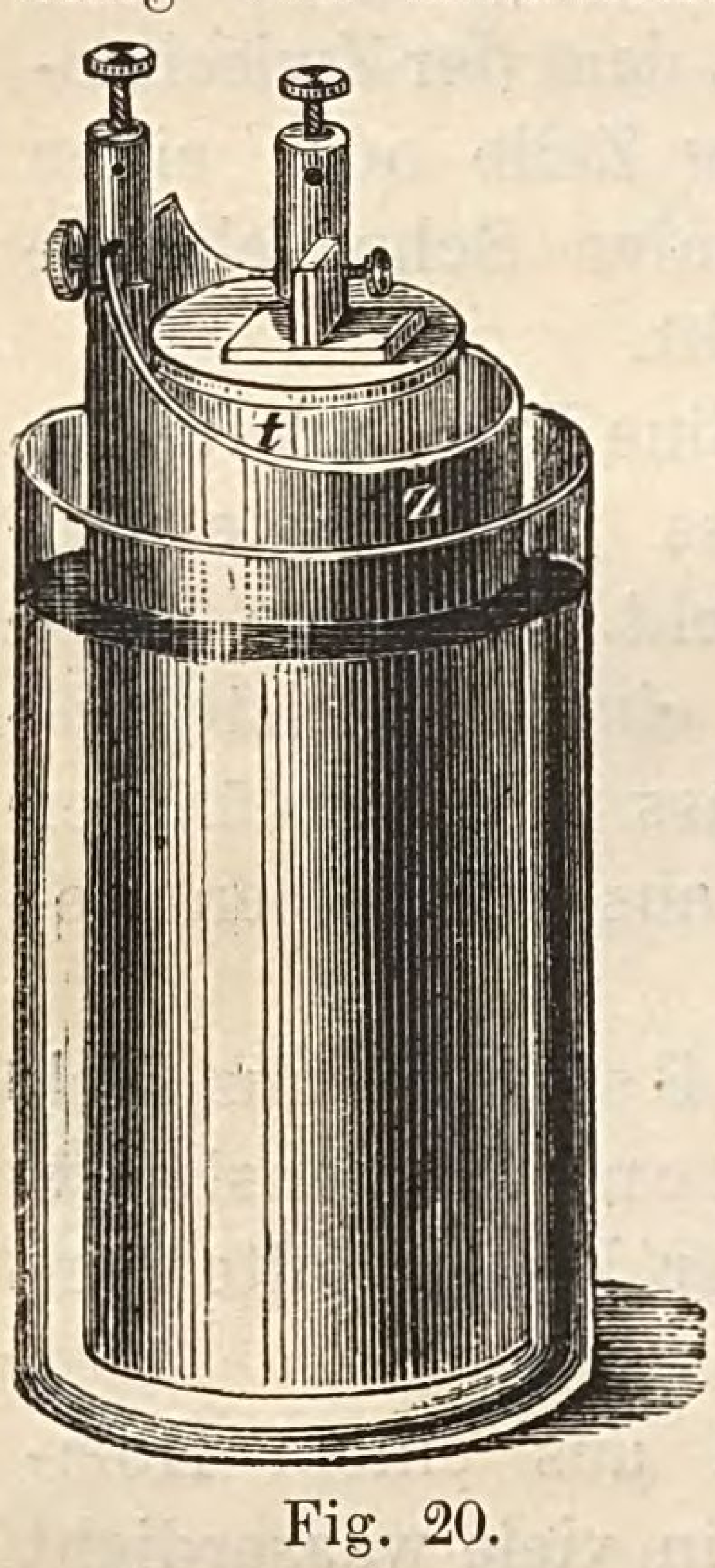


Fig. 20.

2. Das Grove'sche Element (siehe Fig. 20). In einem mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Glase steht ein Zinkcylinder *z*. Innerhalb desselben befindet sich eine poröse mit concentrirter (nicht verdünnter) Salpetersäure angefüllte Thonzelle *t*, in deren Mitte ein *S* förmig gebogenes Platinblech *P*

* Richtiger: Schwefelsäureanhydrit SO_3.

gestellt ist. Letzteres ist an den hölzernen Deckel der Thonzelle befestigt (s. Fig. 21). Durch diesen Deckel geht ein an das Platinblech gelötheter Kupferstreifen, welcher an seinem Ende eine Messingklemme (Polklemme) zur Aufnahme des Verbindungsbügels trägt. Eine ähnliche Klemme ist zu demselben Zwecke auch an dem Zinkcylinder befestigt.

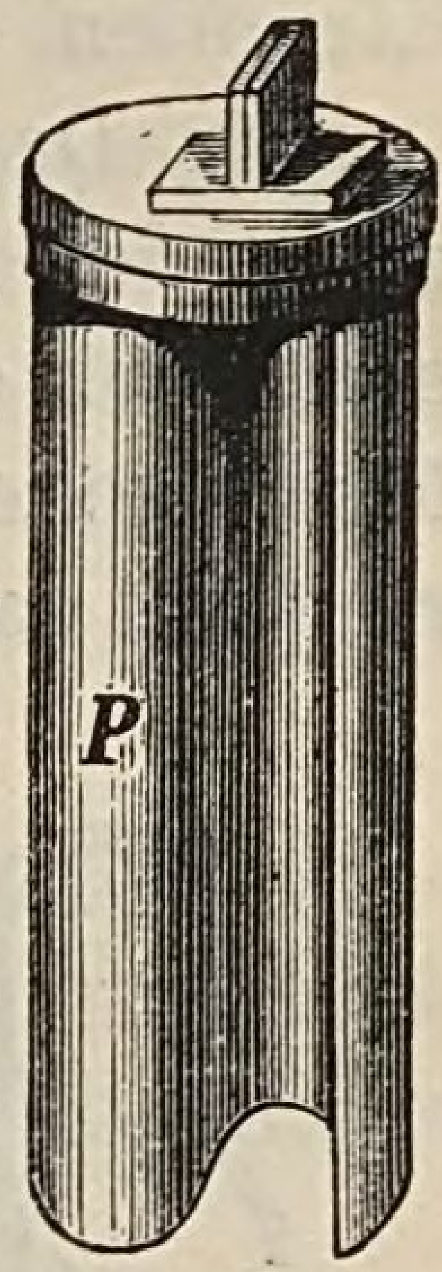
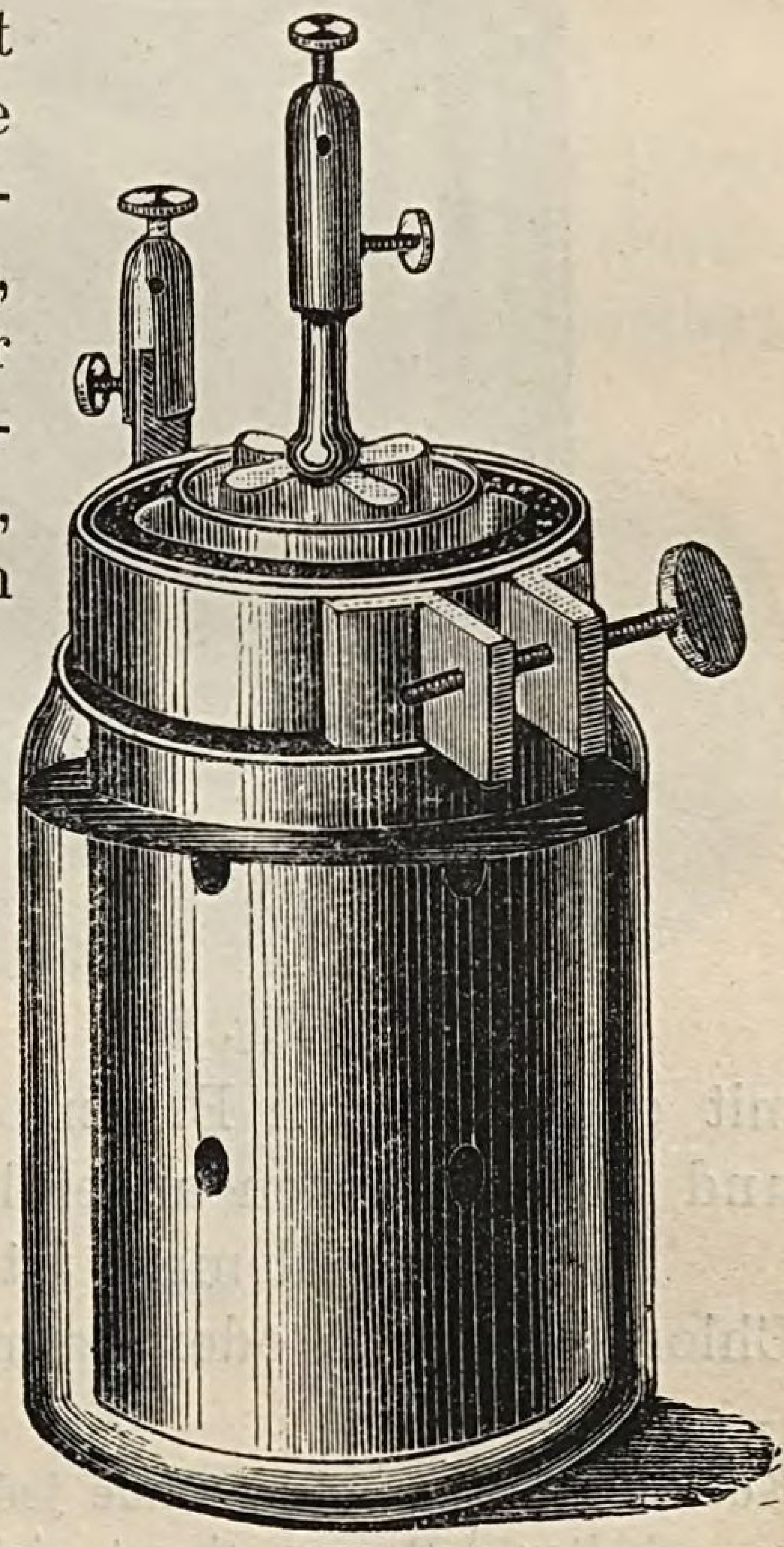


Fig. 21.

Die Salpetersäure (HNO_3) liefert den Sauerstoff für den sich ausscheidenden Wasserstoff zu immer neuer Wasserverbindung.

Dieses Element liefert einen sehr starken und gleichmässigen Strom, ist aber doch wegen des hohen Anschaffungs-Preises und wegen des Entwickelns der schädlichen Dämpfe von Untersalpetersäure nicht überall verwendbar.

3. Das B u n s e n'sche E l e m e n t (s. Fig. 22). In einem bis zur Hälfte mit concentrirter Salpetersäure* angefüllten Glase steht ein Kohlenbecher, in diesem ein poröser Thoncylinder mit verdünnter Schwefelsäure, welcher endlich einen amalgamirten, kreuzförmig gegossenen Zinkkolben umgiebt.


Fig. 22.

Die zu diesem Elemente benutzte Kohle wird erhalten, indem man 2 Gewichtstheile Backkohle mit einem Theile Coaks in Eisenblechformen glüht. Die gebrannten Cylinder werden wiederholt mit einer concentrirten Zuckerlösung oder mit Steinkohlentheer getränkt und in den Formen nochmals zum Weissglühen erhitzt.

Den oberen Rand des Kohlenbechers umschliesst ein Kupferring,

* Um der Bildung der höchst lästigen Dämpfe von Untersalpetersäure zu entgehen, hat B u n s e n versucht, in seinen Elementen Lösungen von chromsaurem Kali, von chlorsaurem Kali, Gemengen von Braunstein und

welcher durch eine Schraubenvorrichtung gehalten wird. Beide Pole tragen die zur Aufnahme der Verbindungsbügel nöthigen Klemmen.

4. Das Quecksilber-Element von Marié Davy, wie es in der deutschen Feld-Telegraphie Verwendung findet, besteht aus einem 9 cm hohen, 3 cm weiten, aussen mit Lack überzogenen Kohlencylinder, der am oberen Rande einen Bleiring mit darübergelegtem Kupferstreifen trägt. In diesen Cylinder reicht ein 5 cm hoher, 2 cm dicker Zinkkolben, welcher durch den Deckel des Kohlenbechers getragen wird. Die Füllung befindet sich im Kohlenbecher und besteht aus einem Brei von schwefelsaurem Quecksilberoxydul $(Hg_2\ SO_4)$ und Wasser.

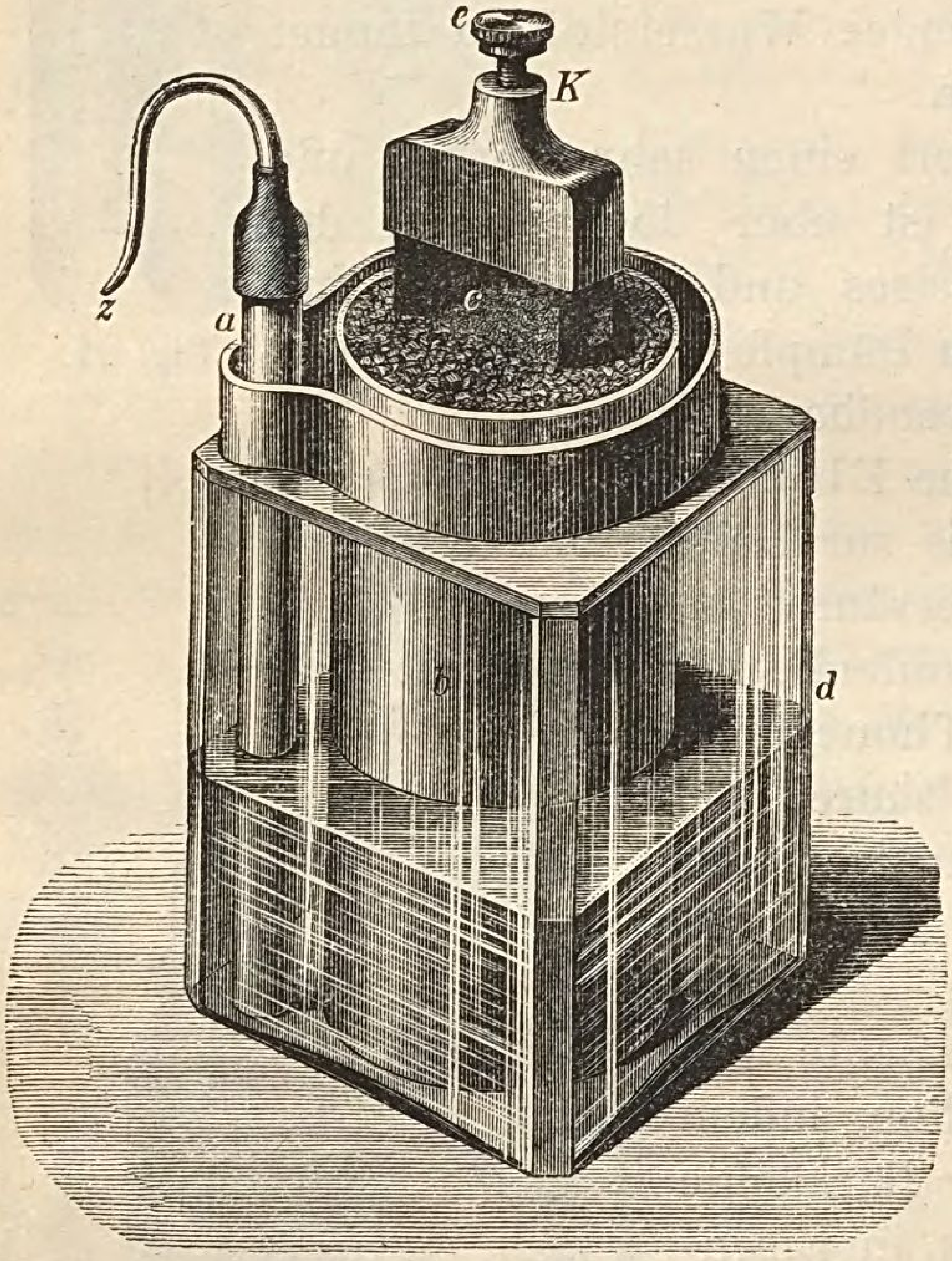


Fig. 23.

5. Das Braunstein-Element von Leclanché (s. Fig. 23). In dem Glase *d* steht ausser dem Zinkstabe *a* eine poröse Thonzelle *b*, in welcher sich eine Kohlenplatte befindet und welche ausserdem mit grobkörnigem Braunstein oder Mangansuperoxyd $(Mn\ O_2)$ und Kohlenstücken angefüllt ist.

Das ganze Element ist mit einer concentrirten Lösung von Chlorammonium oder Salmiak $(NH_4\ Cl)$ gefüllt.

Kochsalz anzuwenden, ohne jedoch dabei eine gehörig constante Wirkung zu erhalten. Besser eignet sich nach Poggendorff Chromsäurelösung, oder dafür ein Gemisch von 3 Theilen doppeltchromsaurem Kali und 4 Theilen Schwefelsäurehydrat mit 18 Theilen Wasser. Die Quantität der Schwefelsäure ist so gewählt, dass sie mit dem aus dem chromsauren Salze reducirten Chromoxyd und dem darin enthaltenen Kaliumoxyd Kaliumchromalaun bilden kann. (Wiedemann I. S. 447. 1874.)

Für den chemischen Vorgang in dem Elemente giebt Leclanché folgende Gleichung an:

$$2 NH_4 Cl + 2 Mn O_2 + Zn = Zn Cl_2 + 2 NH_3 + H_2 O + Mn_2 O_3.$$

Der Salmiak zerlegt sich also in Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure $2 HCl$) und Ammoniak ($2 NH_3$). Letzterer wird frei, während der Wasserstoff der Salzsäure sich mit einem Atom Sauerstoff des Mangansuperoxyds zu Wasser (H_2O) verbindet und 2 Atome Chlor mit 1 Atom Zink Zinkchlorid ($Zn Cl_2$) bilden.*

Dies sind die Originale constanter Elemente. Andere Constructionen von Siemens-Halske, Meidinger u. a. haben mehr oder minder als Verbesserungen oder Vereinfachungen jener Verwendung gefunden.

Von letzteren seien erwähnt:

1. Das Ballon-Element von Meidinger.

Dasselbe besteht (s. Fig. 24 u. 25) aus einem etwa 16 cm hohem Glasgefässe, dessen unterer Theil von 9 cm Durchmesser sich in einer Höhe von 6 cm um etwa 1 cm erweitert, um einen Zinkring von 8 cm Höhe aufzunehmen.

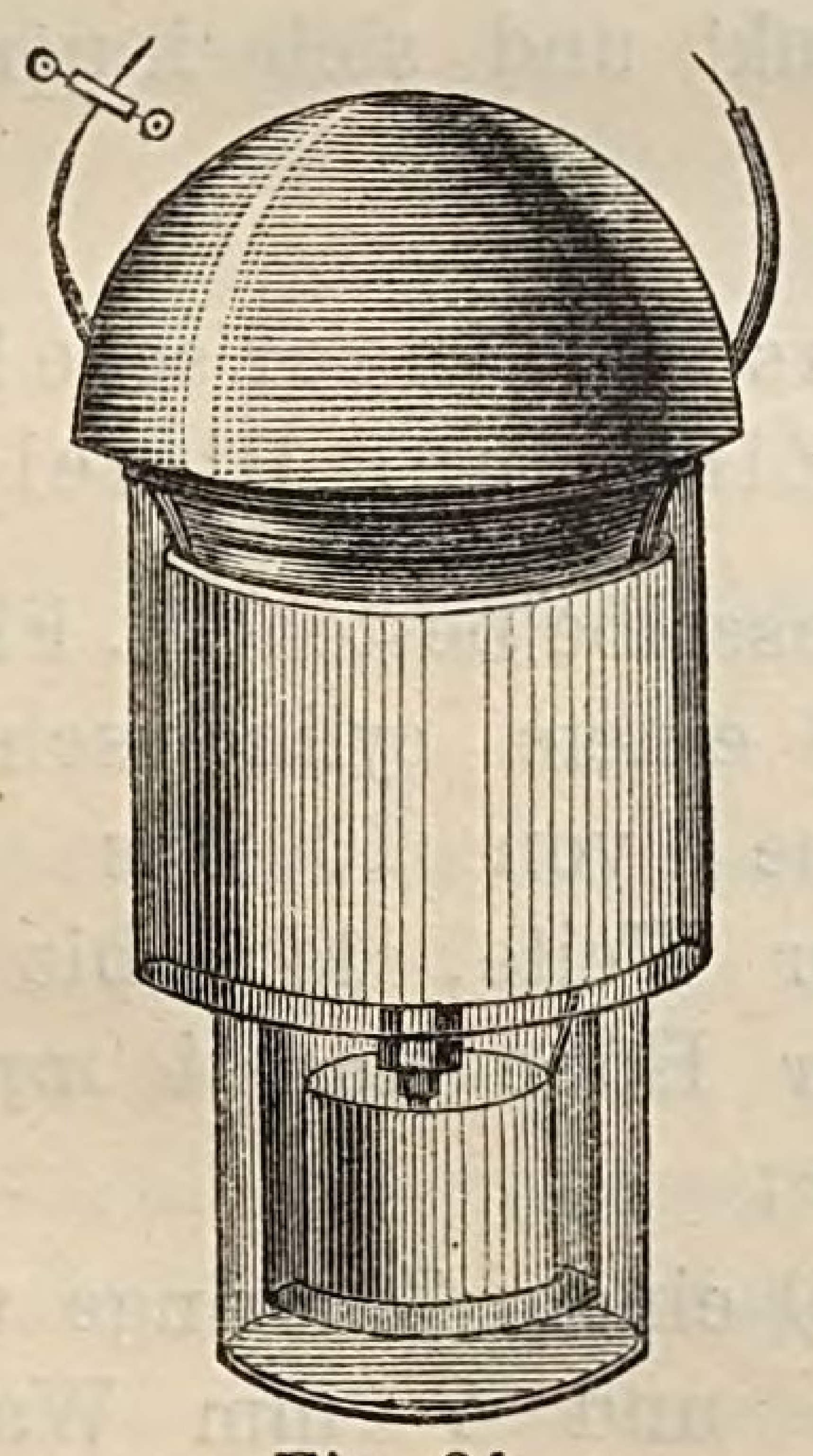


Fig. 24.

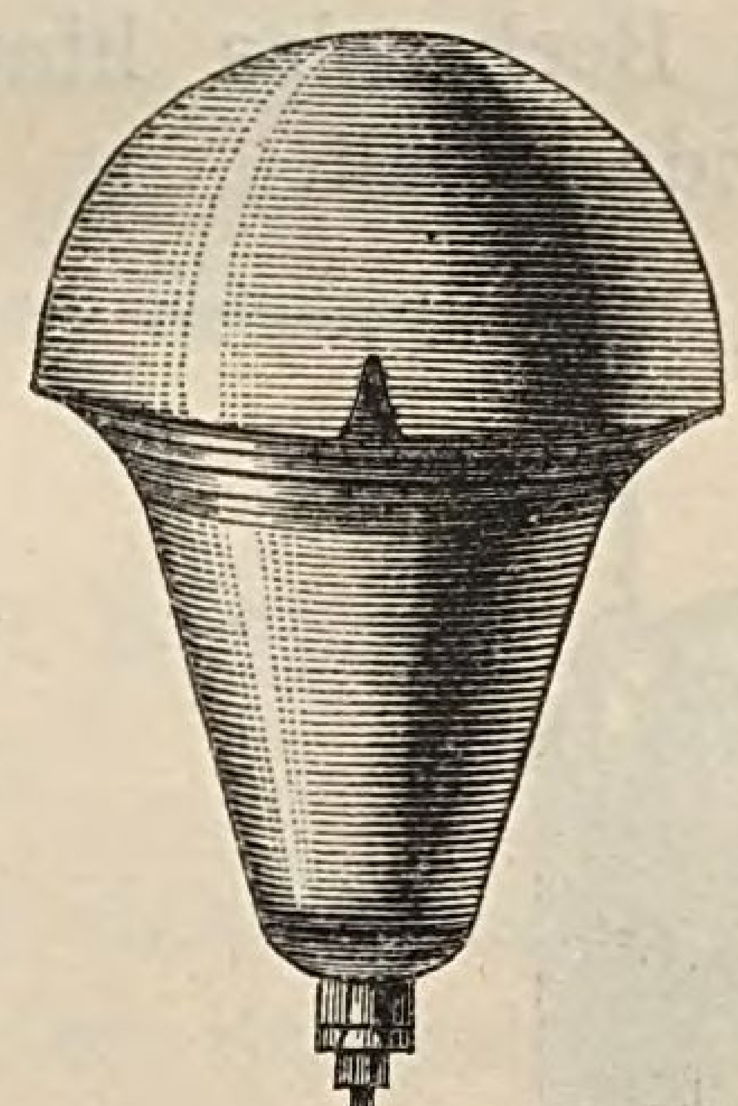


Fig. 25.

Auf dem Boden des Glasgefässes steht ein kleineres Glas von 7 cm Höhe und 5 cm Durchmesser, dessen innere Wan-

* Elektrotechnische Zeitschrift 1890. S. 604.

dung ein Kupferblechcylinder bedeckt. An letzteren ist ein mit Guttapercha überzogener Kupferdraht genietet, welcher mit seinem zur Aufnahme einer Polklemme blankgeschabten Ende aus dem Glase hervorragt.

Die Zuführung zum Zinkringe vermittelt ein an letzteren genieteter, am freien Ende mit einer Klemmvorrichtung versehener Kupferblechstreifen.

Das mit dem Zinkringe und dem Kupfercylinder ausgerüstete Glas bedeckt ein oben geschlossener Ballon aus Glas, welcher mit seinem sich nach unten trichterförmig verjüngenden offenen Halse bis in den Kupfercylinder hineinragt.

Das Ansetzen dieses Elementes geschieht in folgender Weise: Man füllt das Glas bis zur halben Höhe des Zinkringes mit einer verdünnten Bittersalzlösung. Der Ballon wird fast vollständig mit Kupfervitriolstücken geladen und, nachdem seine untere Oeffnung durch einen Kork, in welchen eine Federpose oder ein Glasröhrchen eingelassen ist, geschlossen worden, auf das Glas gesetzt. Indem die Flüssigkeit des letzteren durch die Federpose oder das Glasröhrchen in den Ballon gelangt, bildet sich in diesem allmählich eine concentrirte Kupfervitriollösung, welche als schwerere Flüssigkeit in das kleine Becherglas hinuntersinkt und sich innerhalb des Kupfercylinders hält.

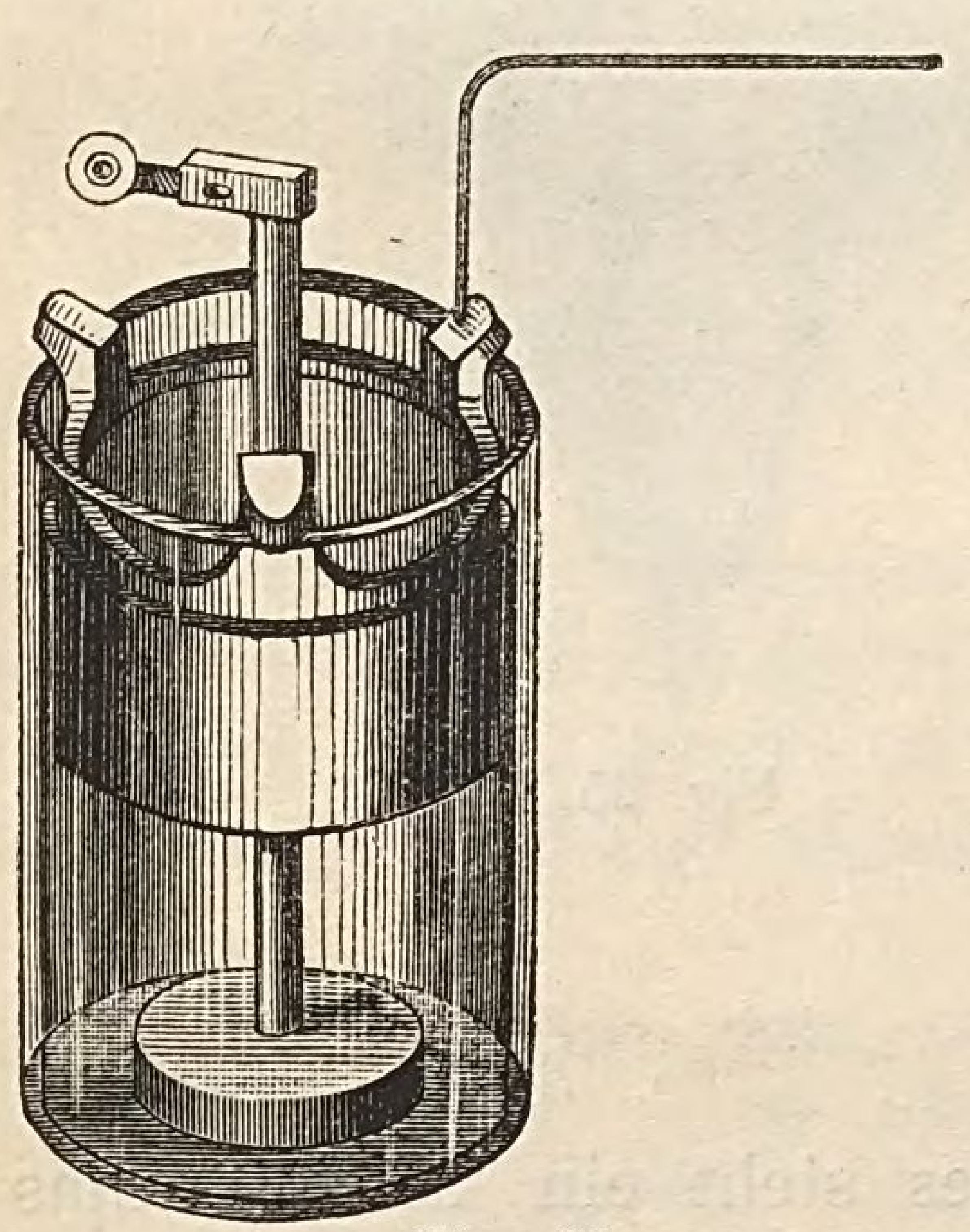


Fig. 26.

2. Das Meidinger'sche Element mit Zink- und Bleielektrode.

Dasselbe besteht (s. Fig. 26) aus

a) einem cylindrischen Glasgefässe von 10 bis 10,5 cm lichter Weite, 14,5 bis 15,5 cm lichter Höhe und 4 mm Wandstärke;

b) einem Zinkringe von 5 cm Höhe und 7 mm Wandstärke, welcher vermittelst dreier Arme mit nach Aussen vorspringenden Nasen in dem Glase aufgehängt wird. An einem der Arme ist ein Kupferdraht als Poldraht eingegossen;

c) einer kreisrunden Bleiplatte von 6 cm Durchmesser und 1 cm Dicke, in deren Mitte ein runder Bleistab befestigt ist, welcher an seinem freien, aus dem Glasgefässe herausragenden Ende eine Polklemme trägt.

Bei dem Ansetzen dieser Elemente ist in folgender Weise zu verfahren:

Die Bleiplatte wird so in das Glasgefäss gestellt, dass der Bleistab annähernd in der Mitte des Glases lothrecht steht; demnächst wird der Zinkring eingehängt.

Das so ausgerüstete Glas wird mit einer verdünnten Lösung von Zinkvitriol soweit angefüllt, dass die Flüssigkeit etwa 3—4 mm unter dem oberen Rande des Zinkringes steht. Sodann werden in jedes Gefäss etwa 70 Gramm Kupfervitriol in Stücken von der Grösse einer Hasel- oder kleinen Wallnuss geworfen. Sobald sich am Boden des Glases eine blaue Lösung von Kupfervitriol gebildet hat, ist das Element zum Einschalten in die Batterie fertig.*

Das Blei bedeckt sich bei Benutzung des Elements in kurzer Zeit mit aus dem Kupfervitriol ausscheidendem Kupfer. Letzteres wirkt dann elektromotorisch statt des Bleies.

Die Bleiplatten haben den Vortheil, dass sich der Kupferniederschlag von denselben leicht abnehmen lässt, während die früher benutzten Kupferbleche hierbei häufig zerstört wurden.

3. Das Leclanché-Element mit Braunstein-Cylinder (s. Fig. 27).

Dasselbe besteht aus dem unter einem Drucke von 300 Atmosphären bei 100° C. aus 40 Theilen Braunstein (Pyrolusit), 52 Theilen Retortenkohle, 5 Theilen Gummi-Lackharz und 3 bis 4 Theilen doppeltschwefelsaurem Kali geformten Cylinder *C* mit einem zur Aufnahme der Polklemme *K* angegossenen Zinkkopf. Der Zinkstab *Z* ist an dem einen Ende mit

* Wenn das Element nicht geschüttelt wird, erhält sich die Kupfervitriollösung in der Nähe der Bleiplatte. Die Scheidung der Kupfervitriollösung von der Zinkvitriollösung ist eine natürliche Folge der grösseren Schwere der ersteren.

mit einem lackirten Kupferstreifen versehen, welcher eine Polklemme trägt. Ein entsprechend ausgerundetes Brettchen, dessen Länge so zu bemessen ist, dass es über die Flüssigkeit des Elementes nicht herausragt, und an welches der Zinkstab mittels Bindfadens befestigt wird, trennt denselben vom Braunstein-Cylinder.

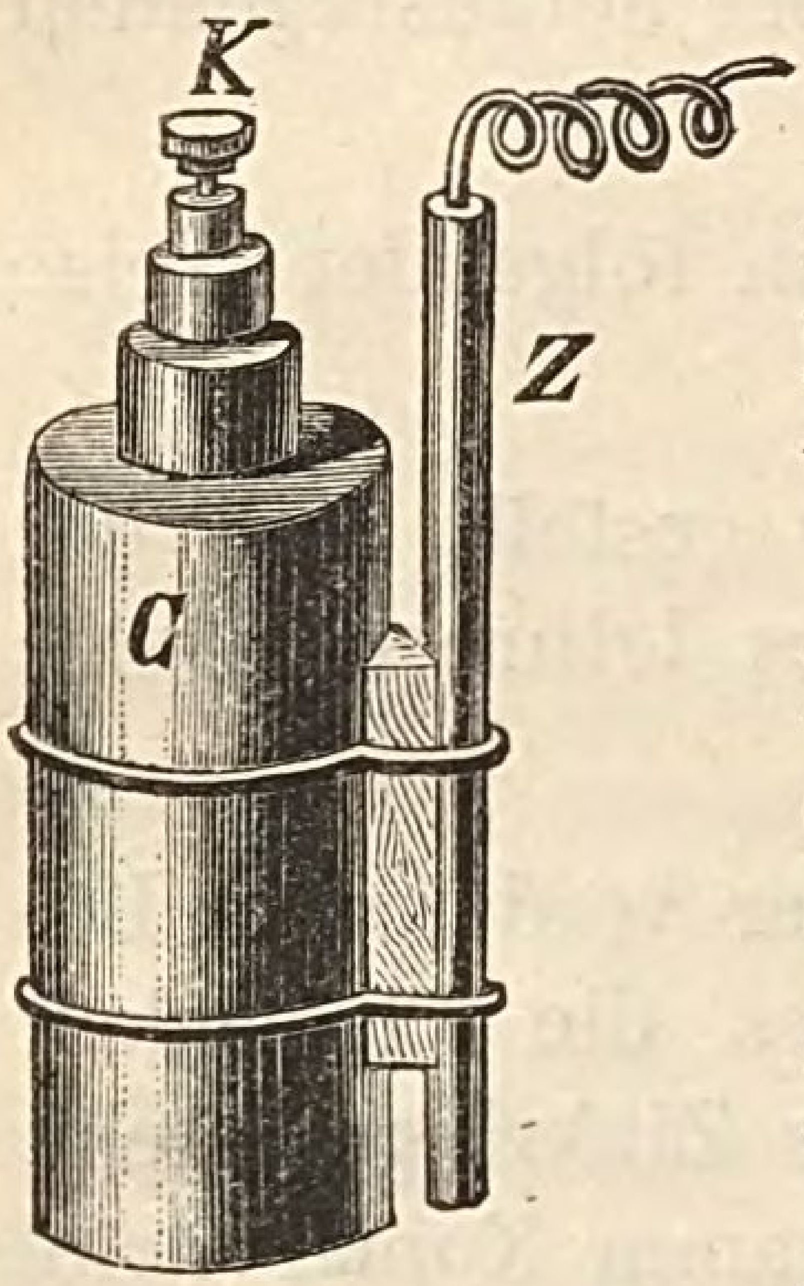


Fig. 27.

Beide so zu einem System vereinigten Elektroden werden in ein Glasgefäss mit quadratischer Grundfläche (s. Fig. 23), welches oben in einem cylinderförmigen Halse endet, gestellt. Bei dem Ansetzen der Elemente werden zunächst 100 Gramm Salmiak in jedes Glas geschüttet, dann wird bis zu einer Höhe von 5 cm Wasser eingefüllt und die Mischung einige Male umgerührt; hiernach erst wird, auch wenn der Salmiak noch nicht vollständig aufgelöst ist, der Braunstein-Cylinder und der Zinkstab langsam eingesetzt. Endlich wird noch so viel Wasser zugegossen, dass die Flüssigkeit etwa 5 cm von der Oberkante des Braunstein-Cylinders entfernt ist.

Um dem nachtheiligen Einflusse der im Material der Zinkstäbe etwa vorhandenen Unreinigkeiten entgegen zu treten, empfiehlt es sich, für das Leclanché-Element nur amalgamirte Zinkstäbe zu verwenden. Das Amalgamiren lässt sich in einfachster und zweckmässigster Weise, wie folgt, ausführen: Man taucht die Zinkstäbe nach sorgfältiger Reinigung einige Secunden in eine Lösung von 1 Gewichtstheil Quecksilber in 5 Gewichtstheilen Königswasser* und spült dieselben demnächst in einem Wasserbade ab.

Das in der Deutschen Reichs-Post- und Telegraphenverwaltung jetzt gebräuchliche Leclanché-Element besteht aus einem cylindrischen Glase**, einem Ringe aus gewalztem Zink — Glas und Zinkring haben die Form und Grösse wie die

* Königswasser ist eine Mischung von 1 Theil Salpetersäure und 3 Theilen Salzsäure.

** Damit bei längerem Gebrauch der Elemente nicht Zinksalzkrystalle über den Rand des Glases hinauswachsen, wird derselbe — sowohl beim Meidinger'schen als beim Leclanché-Element — einschliesslich der Oberkante an seiner Innenseite mit einem weissen Oelanstrich versehen.

gleichen Bestandtheile des Meidinger'schen Elements — und einem Kohlen-Braunstein-Cylinder mit Fuss (siehe Fig. 28). Letzterer endigt oben in einem rechteckigen prismatischen Ansatz, an welchen ein aussen mit Lack überzogener Messingbügel mit Poldraht angeschraubt wird. Damit die Schraube des Messingbügels nicht in den Cylinderansatz eindringe und denselben zerstöre, wird zwischen die Schraube und die Berührungsstelle des Ansatzes ein Bleiblechplättchen geschoben.

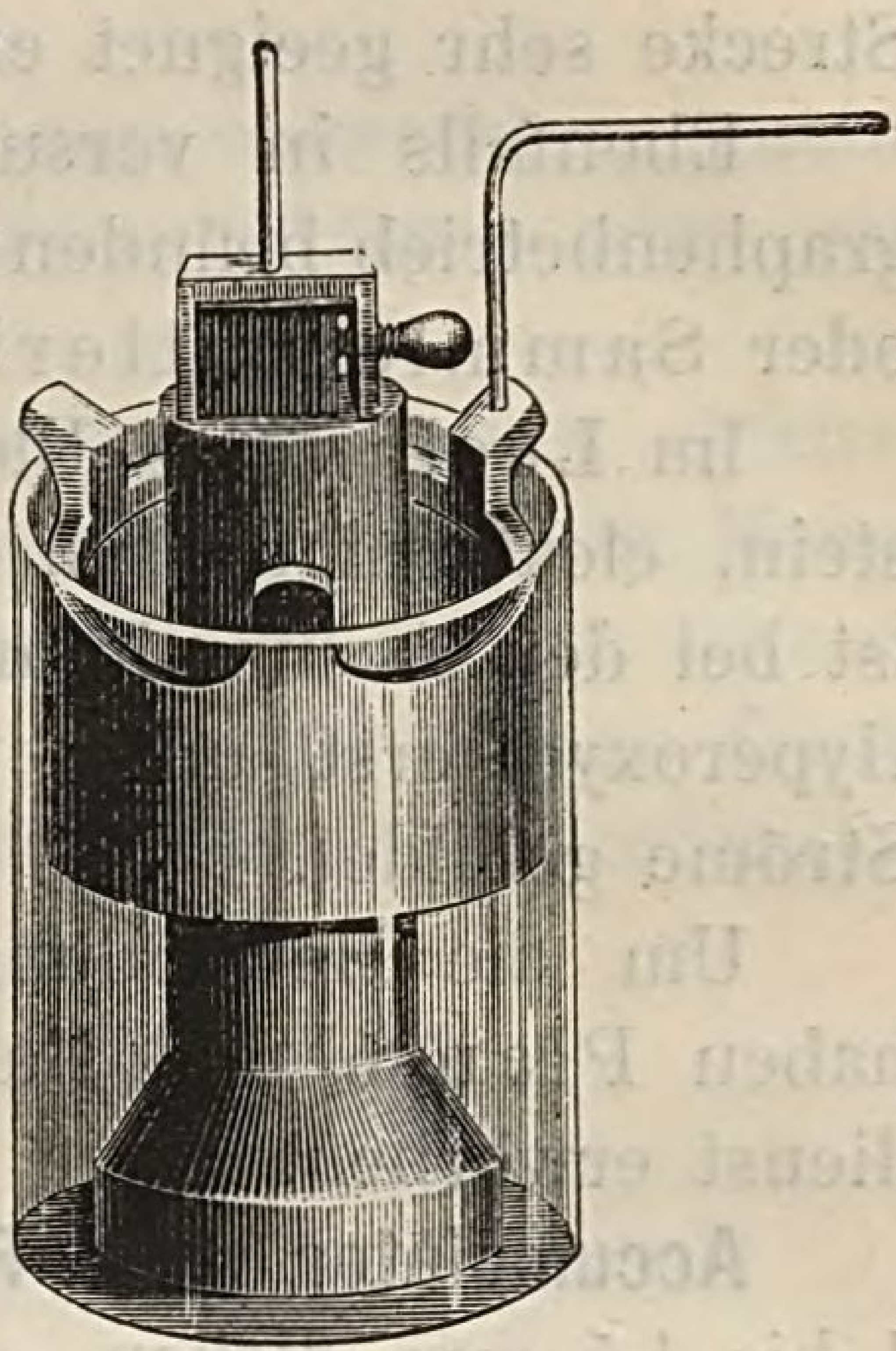


Fig. 28.

Von grosser Wichtigkeit für die gute Erhaltung, bezw. die Dauer des Leclanché-Elementes ist die chemische Reinheit des Salmiaks.

Ein Umsetzen dieser Elemente ist erst erforderlich, wenn sich an den Braunstein-Cylindern und den Zinkelektroden starke Krystallbildungen zeigen. Von beiden können dieselben leicht entfernt werden: erstere lässt man zu diesem Zwecke zunächst 24 bis 48 Stunden an der Luft gut austrocknen, darnach reibt man sie mit Schmirgelpapier trocken ab. Von den Zinkelektroden löst man die Salzkrystalle zweckmässig mittels eines Stückchen harten Holzes.

Die zuletzt beschriebenen Elemente entbehren sämmtlich der porösen Thonzelle, des Diaphragmas. Sie erhalten hierdurch einerseits vor den früher aufgeführten constanten Elementen den Vortheil grösserer Einfachheit, andererseits bleiben sie frei von Uebelständen, welche mit der Anwendung der Thonzelle verbunden sind. Letztere wird u. A. bei längerem Gebrauch in Zink-Kupfer-Elementen in Folge des Durchwachsens einer dichten Metallvegetation von Kupfer leicht brüchig; oft auch bilden sich auf diesem Wege directe metallische Verbindungen zwischen dem Zink- und dem Kupfercylinder.

In den letzten Jahren sind wiederholt Versuche mit Elementen angestellt worden, bei welchen die Flüssigkeit durch eine mit Salzlösungen getränkte, mehr oder weniger feste Masse ersetzt ist. Inwieweit diese sogenannten Trockenelemente für den Telegraphenbetrieb dauernd Verwendung finden werden, entzieht sich jetzt noch der Beurtheilung. Ihre hauptsäch-

lichsten Vorzüge — bequeme Handhabung und Transportfähigkeit — lassen sie für Messbatterien zum Gebrauch auf der Strecke sehr geeignet erscheinen.

Ebenfalls in versuchsweiser Anwendung für den Telegraphenbetrieb befinden sich die sogenannten Ladungssäulen oder Sammlerbatterien (Accumulatoren).

Im Leclanché-Element wirkt ein Superoxyd, der Braunstein, elektromotorisch und depolarisirend zugleich. Dasselbe ist bei den Accumulatoren der Fall; nur wird in letzteren das Hyperoxyd erst unter der Einwirkung primärer elektrischer Ströme gebildet.

Um die Herstellung derartiger secundärer Stromquellen haben Planté und Faure sich unbestritten das erste Verdienst erworben.

Accumulator von Planté. — Derselbe besteht aus zwei 1 bis 1,5 mm dicken, etwa 50 cm langen und 20 cm breiten Bleiplatten, welche durch Kautschuckstreifen vor gegenseitiger Berührung geschützt auf einander liegend zu einem Cylinder zusammengerollt werden. Beide Platten tragen an entgegengesetzten Enden je einen Ableitungsstreifen zur Aufnahme der Polklemmen. Der gerollte Cylinder, bei welchem hiernach ein Ableitungsstreifen aus der Mitte herausragt, während der zweite den Schluss der Rolle bildet und so an dem Cylindermantel hervortritt, wird in ein Glasgefäss mit verdünnter Schwefelsäure gestellt. Letzteres wird demnächst bis auf zwei kleine Oeffnungen, durch welche einerseits das Nachfüllen erfolgt, anderseits das Entweichen der Gase stattzufinden hat, oben fest verkittet. Legt man die beiden Ableitungsstreifen an die Pole einer galvanischen Batterie, so bedeckt sich die mit dem + Pole verbundene Bleiplatte nach und nach mit Bleisuperoxyd, während die andere Platte eine reine Bleifläche behält. Durch öfteres Unterbrechen der Ladung und durch Wechseln der Richtung des ladenden Stromes werden die Bleioberflächen gelockert, sodass die Oxydation immer tiefer eindringen kann.

Accumulator von Faure. — Faure bestrich die Bleiplatten vor ihrer Verwendung als Elektroden mit Minium (Mennige) — $Pb_2\,O_3$ — und verringerte hierdurch den Aufwand an Zeit und primärem Strom bei der Ladung.

Während der letzteren wird an der positiven Elektrode das Minium ($Pb_2\,O_3$) in Bleisuperoxyd ($Pb\,O_2$) verwandelt,

während an der negativen Elektrode der Sauerstoff des Miniums sich mit freiwerdendem Wasserstoff verbindet, bis diese Elektrode eine reine Bleifläche zeigt.

Zur Ladung der Accumulatoren dienen entweder magnetoelektrische Maschinen für gleichgerichtete Ströme oder galvanische Elemente hoher Spannung.

Die geladenen Accumulatoren wirken mit hoher elektromotorischer Kraft, deren gleichmässige Dauer von der Menge des gebildeten Superoxyds und von der Stärke des zu liefernden Stromes abhängt. Ihre Entladung erfolgt unter Rückbildung der vor der Ladung auf den Elektroden vorhanden gewesenen Zersetzungsstoffe.

Fünfter Abschnitt.

Fortpflanzung des galvanischen Stromes im Leiter.

Leitungsvermögen und Leitungswiderstand. — Unter dem Leitungsvermögen eines Körpers versteht man seine Fähigkeit, den galvanischen Strom mit grösserer oder geringerer Leichtigkeit fortzupflanzen.

Im entgegengesetzten Sinne spricht man auch von Leitungswiderstand. Derselbe ist um so geringer, je besser ein Körper Elektricität leitet.

Alle hierauf bezüglichen Untersuchungen haben zur Aufstellung folgender Gesetze geführt:

1. Die Leitungsfähigkeit eines Körpers steht in directem Verhältniss zu seiner Dicke und in indirectem Verhältniss zu seiner Länge.

Ein Kupferdraht z. B. von 6 m Länge leitet den Strom doppelt so leicht, als ein Draht von 12 m Länge, wenn beide gleich dick sind. Von zwei gleich langen Kupferdrähten aber leitet ein 4 qmm starker Kupferdraht noch einmal so gut, als ein 2 qmm starker.

2. Die Metalle sind bedeutend bessere Leiter, als die Flüssigkeiten.

3. Das Leitungsvermögen der Metalle wird durch Temperatur-Erhöhung vermindert, aber nicht in gleichem Verhältniss mit der Temperatur-Zunahme.

Ein Kupferdraht z. B. von einer gewissen Temperatur leitet zwar besser, aber nicht doppelt besser, als ein Kupferdraht, dessen Temperatur um das Doppelte höher ist.*

4. Das Leitungsvermögen von Flüssigkeiten wird durch Wärmezunahme vermehrt.

5. Das Leitungsvermögen der Metalle ist abhängig von ihrer materiellen Beschaffenheit.

Setzt man die Leitungsfähigkeit des Silbers = 100, so ergiebt sich nach Ermittelungen von Lenz u. Wiedemann:

für Kupfer	ein	Leitungsvermögen	= 73,4
„ Zink	„	„	= 27,3
„ Zinn	„	„	= 17,0

Um aus diesen Zahlen die Grösse des Leitungswiderstandes zu finden, setzt man den Widerstand eines Metalles = 1; dieser verhält sich zu dem eines anderen Metalles, wie das Leitungsvermögen des letzteren zu dem seinigen. Um z. B. den Widersand von Zink, auf Kupfer bezogen, zu finden, wird das Verhältniss $1 : x$ dem Verhältnisse des Leitungsvermögens des Zinks zu dem des Kupfers gleichgesetzt:

$$1 : x = 27{,}3 : 73{,}4.$$

$$x = \frac{73{,}4}{27{,}3} = 2{,}7.$$

d. h. ein Zinkdraht setzt dem galvanischen Strome einen fast dreimal so grossen Widerstand entgegen, als ein Kupferdraht von derselben Länge und demselben Querschnitt.

Der Widerstand des Silbers gegenüber dem des Kupfers ergiebt sich aus folgender Proportion:

$$1 : x = 100 : 73{,}4$$

$$x = \frac{73{,}4}{100} = 0{,}734.$$

Die Zahl, welche angiebt, wie vielmal bei gleichen Dimensionen der Leitungswiderstand eines Metalls grösser als der eines anderen ist, dessen Widerstand man als Einheit annimmt, bezeichnet den specifischen Leitungswiderstand.

Dass die von verschiedenen Physikern gemachten Feststellungen desselben nicht vollständig übereinstimmen, liegt

* Der mittlere Coëfficient der Zunahme des Widerstandes zwichen 0 und 100° ist (nach Wiedemann I, S. 299, 1874) 0,3412.

anscheinend daran, dass die Leiter, mit welchen die bezüglichen Versuche angestellt wurden, nicht von gleicher chemischer Reinheit waren. Es folgen hier die Widerstandsbestimmungen von Pouillet und Riess für eine Reihe von Metallen:

	Pouillet	Riess
Widerstand für Kupfer......	1	1
„ „ Silber.......	0,73	0,67
„ „ Gold.......	0,97	—
„ „ Messing...	3,57	3,95
„ „ Platin......	4,54	6,66
„ „ Eisen......	5,88	5,88
„ „ Neusilber....	15,47	11,33
„ „ Quecksilber..	38,46	—

In ähnlicher Weise, wie wir aus dem Leitungsvermögen den Widerstand der Metalle berechneten, können wir umgekehrt aus dem Widerstande das Leitungsvermögen feststellen.

Aufgabe 1: Wenn man das Leitungsvermögen des Silbers 100 setzt, wie gross ist das Leitungsvermögen des Eisens?

$$100 : x = 5{,}88 : 0{,}73$$

$$x = \frac{100 \; . \; 0{,}73}{5{,}88} = 12{,}4.$$

Aufgabe 2: Wie gross ist unter denselben Bedingungen das Leitungsvermögen des Kupfers?

$$100 : x = 1 : 0{,}73$$

$$x = 100 \; . \; 0{,}73 = 73.$$

Dividiren wir 12,4 in 73, so erhalten wir 5,88, d. h. die Zahl, welche angiebt, wievielmal das Eisen schlechter leitet, als Kupfer, oder mit anderen Worten: den specifischen Widerstand des Eisens.

Widerstandsmaasse. — Um Widerstände messen zu können, musste man sich zunächst über eine Maasseinheit verständigen. Jacobi schlug als solche den Widertand eines Kupferdrahtes von 1 m Länge und 1 mm Durchmesser vor: Es zeigte sich indessen bald, dass Kupferdraht wegen seiner verschiedenen materiellen Beschaffenheit sich zur Anfertigung von Normalwiderständen nicht eignet. Weit besser lässt sich hierzu

Quecksilber verwenden, welches mit grosser Leichtigkeit rein darzustellen ist und dessen Widerstand weniger von Temperaturveränderungen abhängt. Da endlich sein specifischer Widerstand sehr bedeutend ist, werden die Vergleichungszahlen klein und zum Rechnen bequem.

Dr. Werner Siemens benutzte deshalb dieses Metall und setzte als Widerstands-Einheit ein Quecksilber-Prisma von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt. Wenn man demnach von einem Leiter sagt, er hat 100 *S. E.* (Siemens-Einheiten) Widerstand, so heisst dies: er hat denselben Widerstand, welchen ein Quecksilber-Prisma von 100 m Länge und 1 qmm Querschnitt dem Strome entgegensetzen würde.

Der internationale elektrische Congress in Paris (1881) nahm das Ohm als Widerstands-Einheit an. Dasselbe ist gleich dem Widerstand einer Quecksilbersäule von 1,06 m Länge und 1 qmm Querschnitt.

In der Telegraphie bediente man sich früher der sogenannten Meilen-Einheit, entsprechend dem Widerstande von 5 mm starkem Eisendraht bei 1 Meile Länge. Verglichen mit der Siemens-Einheit, welche in der Deutschen Telegraphen-Verwaltung noch Anwendung findet, ist jene Einheit = 62,3 *S. E.*

Nach vorstehenden Einheiten bestimmt man den Widerstand der Elektricitäts-Leiter entweder durch Rechnung oder durch Messung.

Widerstandsbestimmung durch Rechnung. — Um festzustellen, wie viele Siemens-Einheiten ein Leiter aus anderem Metalle, als Quecksilber, hat, muss zunächst der specifische Leitungs-Widerstand dieses Metalles bestimmt werden, wenn der des Quecksilbers = 1.

Bei der früher gegebenen Zusammenstellung war der Widerstand des Kupfers = 1 gesetzt und es stellte sich dann der des Quecksilbers = 38,46.

Setzen wir jetzt den Widerstand des Quecksilbers = 1, dann ist der des Kupfers $= \frac{1}{38,46}$, der des Messings $= \frac{3,57}{38,46}$, der des Eisens $= \frac{5,88}{38,46}$ u. s. w.

Ein Eisendraht von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt hat demnach $\frac{5{,}88}{38{,}46}$ *S. E.* Widerstand.

Ein doppelt so langer Eisendraht von 1 qmm Querschnitt hat ferner $\frac{2 \,.\, 5{,}88}{38{,}46}$ *S. E.* Widerstand.

Ein Eisendraht von 1 m Länge und 2 qmm Querschnitt hat $\frac{5{,}88}{2 \,.\, 38{,}46}$ *S. E.* Widerstand, denn der Widerstand steht im umgekehrten Verhältnisse zur Dicke des Leiters.

Der Widerstand eines Eisendrahtes von 100 m Länge und 5 qmm Querschnitt ist demnach: $W = \frac{100 \,.\, 5{,}88}{5 \,.\, 38{,}46} = 3{,}06$ *S. E.*

Wenn man den specifischen Widerstand, welcher bei Quecksilber als Einheit für Eisen $\frac{5{,}88}{38{,}46}$ war, mit s, die Länge des zu reducirenden Drahtes mit l und seinen Querschnitt mit q bezeichnet, so ergiebt sich für die Widerstandsbestimmung die Formel:

$$W = \frac{l \,.\, s}{q}.$$

Wie viele *S. E.* Widerstand hat ein Eisendraht von 7000 m Länge und 5 mm Durchmesser?

$$l = 7000$$

$$s = \frac{5{,}88}{38{,}46}.$$

Wie gross ist aber q? Querschnitt und Durchmesser ist bekanntlich zweierlei. Ersterer ist eine Fläche, bei Drähten meistentheils eine Kreisfläche, letzterer eine gerade Linie.

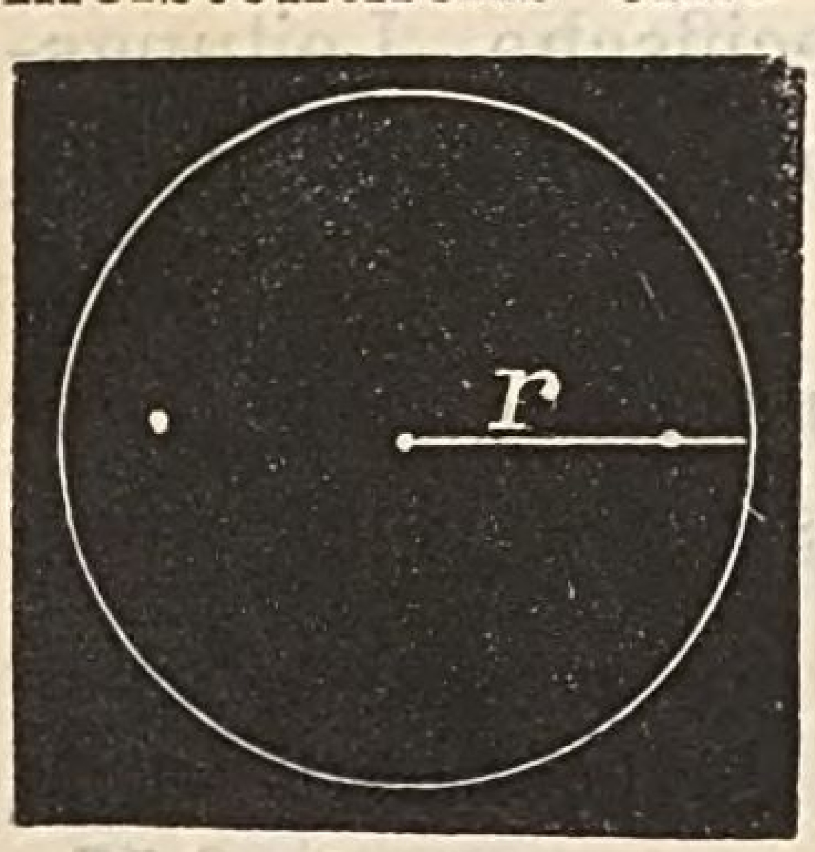


Fig. 29.

Wenn r (s. Fig. 29) den Radius des nebenstehenden Kreises bedeutet, so ist sein Flächeninhalt gleich dem Quadrat dieses Radius multiplicirt mit 3,1416. Man bezeichnet letzteren Zahlenwerth mit π, so dass sich für die Kreisflächenberechnung die Formel ergiebt:

$$F = r^2 \pi.$$

Der Radius ist die Hälfte des Durchmessers, also hier

$$r = \frac{5}{2}.$$

$$r^2 = \frac{25}{4}.$$

$$F = \frac{25}{4} \,.\, 3{,}1416 = 19{,}6350 \text{ qmm.}$$

$$W = \frac{7000 \,.\, 5{,}88}{19{,}6350 \,.\, 38{,}46} = 54{,}5 \; S.\; E.$$

Wie viele *S. E.* Widerstand hat ein Kupferdraht von 42000 m Länge und 4 mm Durchmesser?

$$W = \frac{l \,.\, s}{q} \qquad l = 42000$$

$$s = \frac{1}{38{,}46}$$

$$q = 4 \,.\, 3{,}1416 = 12{,}5664$$

$$W = \frac{42000}{12{,}5664 \,.\, 38{,}46} = 86{,}9 \; S.\; E.$$

Will man die in *S. E.* gefundenen Werthe durch Ohm ausdrücken, so hat man erstere durch 1,06 zu dividiren:

$$54{,}5 \; S.\; E. = \frac{54{,}5}{1{,}06} = 51{,}4 \text{ Ohm.}$$

$$86{,}9 \; S.\; E. = \frac{86{,}9}{1{,}06} = 82 \text{ Ohm.}$$

Widerstandsbestimmung durch Messung. — Wenn man auch den Widerstand eines Leiters von bekannten Dimensionen annähernd durch Rechnung bestimmen kann, so ist zu genauer Feststellung doch ein wirkliches Messen nothwendig, da, wie bereits früher erwähnt, die materielle Beschaffenheit jedes

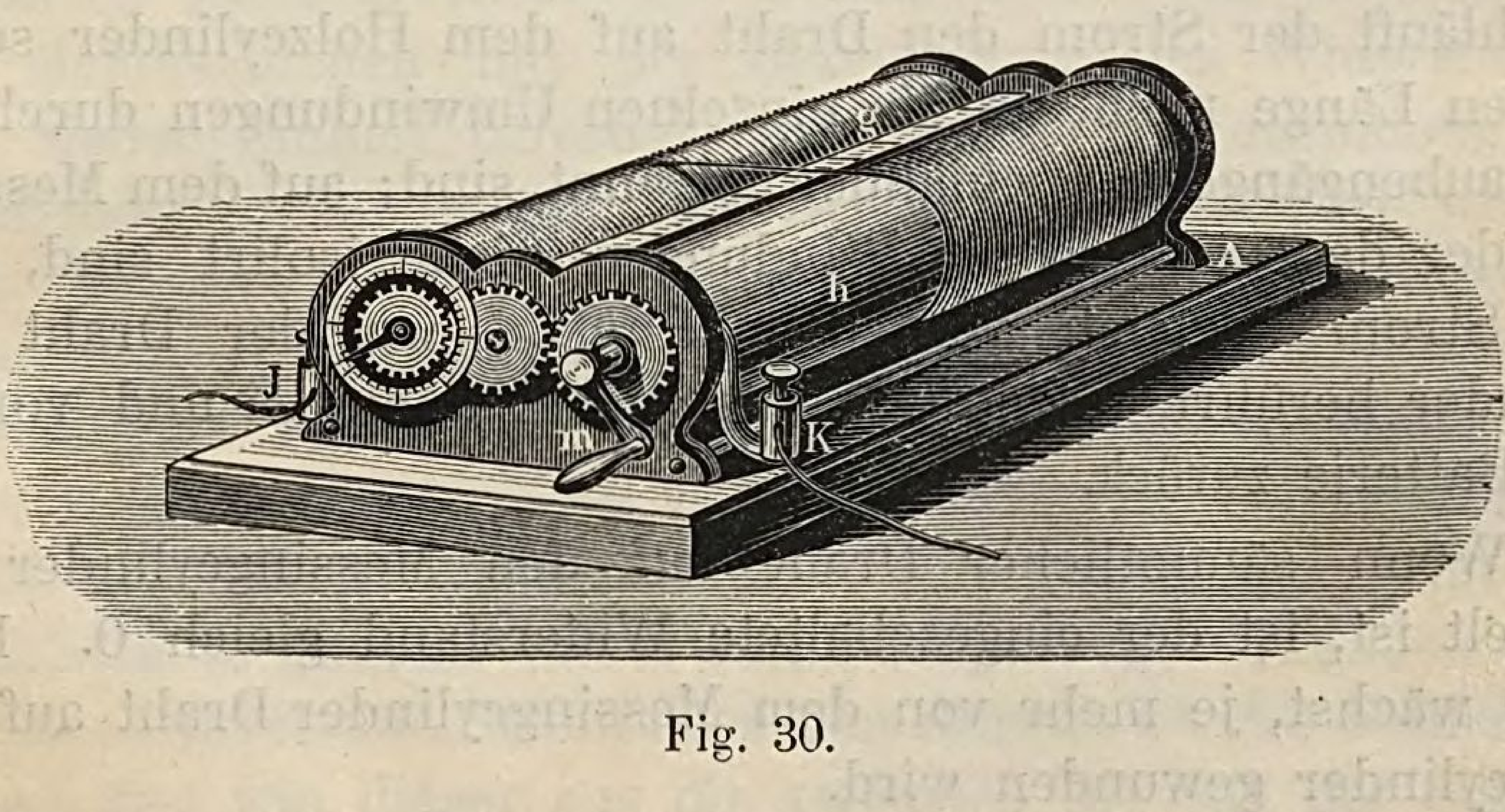


Fig. 30.

Leiters nicht immer dieselbe ist, also auch der specifische Leitungswiderstand Veränderungen unterliegt.

Zu Widerstandsmessungen braucht man ausser einer Batterie einen oder mehrere Rheostaten und ein Galvanometer.

Der Rheostat ist ein Instrument, mit welchem man den ausserwesentlichen Widerstand eines Stromkreises beliebig verändern kann.

In Fig. 30 ist der Rheostat von Wheatstone dargestellt. *g* und *h* sind zwei parallel neben einander liegende Cylinder, von denen der eine *g* von trockenem Holze, der andere *h* von Messing ist; beide sind bei einem Durchmesser von 5 cm etwa 20 cm lang. Auf dem Holzcylinder ist ein Schraubengewinde eingeschnitten, welches zur Isolirung eines dünnen, darauf gewundenen Drahtes dient, dessen Anfang durch eine am Cylinder befestigte Messingscheibe mit der Metallklemme *J* dauernd in Verbindung steht und dessen Ende mit dem hinteren Ende des Messingcylinders leitend verbunden ist.

An den Messingcylinder *h* drückt eine mit der Metallklemme *K*, und an die Metallscheibe des Holzcylinders eine mit *J* verbundene Metallfeder. In der Figur ist nur die Feder bei *K* sichtbar. Steckt man die Kurbel *m* auf den Cylinder *h* und dreht von links nach rechts, so wird der Draht vom Holzcylinder *g* ab und auf den Messingcylinder *h* gewickelt; steckt man die Kurbel dagegen auf den Cylinder *g* und dreht von rechts nach links, so wickelt sich der Draht vom Messingcylinder auf den Holzcylinder. Werden nun die Klemmen *J* und *K* mit den beiden Polen einer Batterie verbunden, so durchläuft der Strom den Draht auf dem Holzcylinder seiner ganzen Länge nach, da die einzelnen Umwindungen durch die Schraubengänge von einander getrennt sind; auf dem Messingcylinder dagegen, wo die Windungen nicht isolirt sind, geht der Strom sogleich von dem Punkte, wo der Draht den Cylinder berührt, über die Feder zur Klemme *K* und von da zur Batterie zurück.

Wenn sämmtlicher Draht auf den Messingcylinder gewickelt ist, ist der eingeschaltete Widerstand gleich 0. Letzterer wächst, je mehr von dem Messingcylinder Draht auf den Holzcylinder gewunden wird.

Zur Zählung der abgewickelten Windungen dient ein auf der Axe des Holzcylinders *g* festsitzender Zeiger.

Wenn es sich um sehr grosse Widerstände handelt, reicht dieses Instrument nicht aus. Man bedient sich dann der im Nachfolgenden beschriebenen Widerstandssäulen.

Der Meilen-Rheostat. — Auf dem Deckel eines Holzkastens mit Widerstandsrollen (s. Fig. 31) sind die zwei Metallscheiben *A* und *B* befestigt, von denen jede mit einer Polklemme *a*

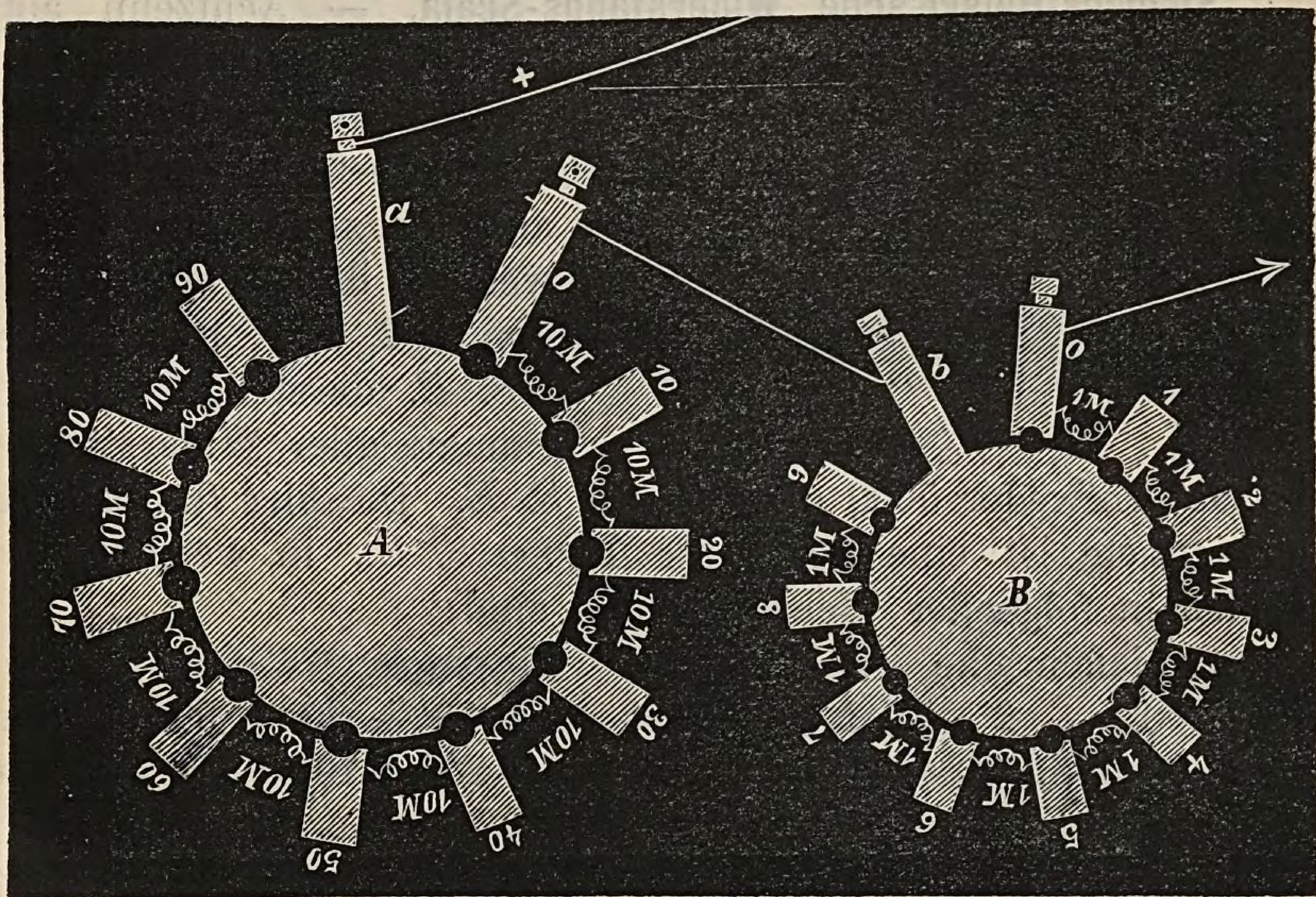


Fig. 31.

bezw. *b* in unmittelbar leitender Verbindung steht. An der Peripherie jener kreisförmigen Scheiben und von ihnen isolirt sind Metallschienen mit der Bezeichnung des Widerstandes nach Meilen-Einheit befestigt, welcher durch Verbindung der betreffenden Schiene mit der Scheibe eingeschaltet werden kann. Je zwei Schienen des grösseren Rheostaten nehmen die Enden eines Drahtgewindes von 10 Meilen, und je zwei Schienen des kleineren Rheostaten die Enden eines Drahtgewindes von 1 Meile auf, so dass, wenn z. B. am grösseren Rheostaten die mit 30 bezeichnete Schiene mit *A*, und am kleineren die mit 0 bezeichnete Schiene mit *B* durch Stöpselung verbunden wird, der bei *a* eintretende Strom über den Stöpsel zu der Schiene 30 gelangt und von dieser aus die zwischen ihr und der Schiene 0 (des grösseren Rheostaten) eingeschalteten Widerstände zu je 10 Meilen, also im Ganzen 30 Meilen passirt, ehe er durch

den Verbindungsdraht zur Scheibe *B* gelangt, um über die mit letzterer verbundene Schiene 0 aus dem kleineren Rheostaten herauszutreten. Ist an diesem die Schiene 3 mit *B* verbunden, so sind zu den 30 Meilen Widerstand im grossen Rheostaten noch 3 Meilen hinzugeschaltet, so dass der gesammte Rheostaten-Widerstand jetzt 33 Meilen beträgt.*

Siemens-Halske'sche Widerstands-Scala. — Achtzehn auf der Deckplatte (aus Ebonit) eines Kastens neben einander befestigte und mit Stöpseln zu verbindende Klemmen (s. Fig. 32) nehmen die Enden von 16 im Kasten selbst befindlichen Rollen aus Neusilberdraht auf, welche die Widerstände von 1, 2, 2, 5, 10 u. s. w. *S. E.* darstellen. Die Summe aller Widerstände beträgt entweder 5000 oder 10,000 *S. E.* Die hier (in Fig. 32) gezeichnete ist eine Scala für 10,000 *S. E.*, in welcher die Rollen in folgender Weise vertheilt sind:

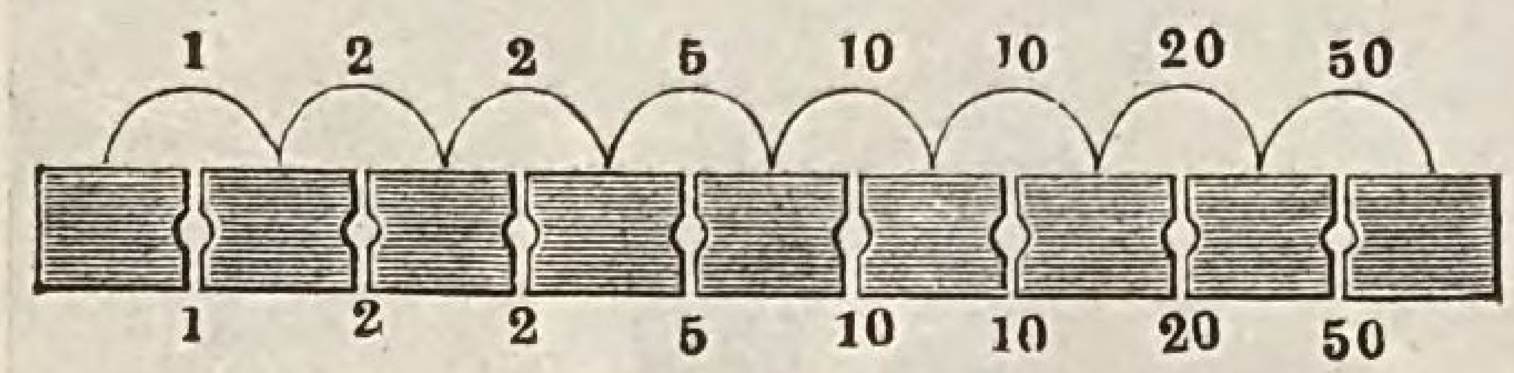


Fig. 32.

Schienenreihe

Nr. 1: 1 + 2 + 2 + 5 + 10 + 10 + 20 + 50 = 100

Nr. 2: 5000 + 2000 + 1000 + 1000 + 500 + 200 + 100 + 100 = 9900

Summa 10000.

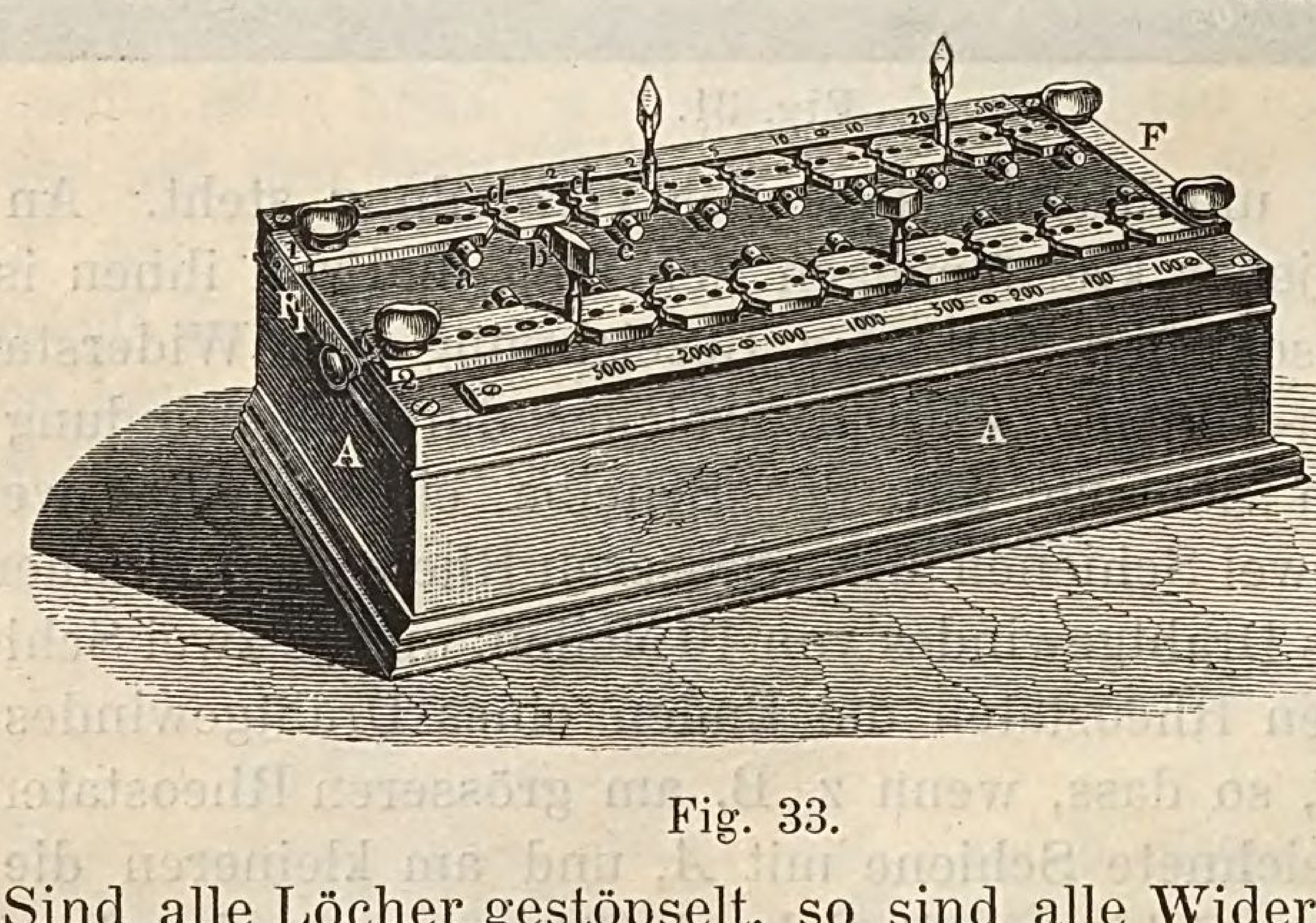


Fig. 33.

Sind alle Löcher gestöpselt, so sind alle Widerstände ausgeschaltet, da der Strom in den metallischen Stöpseln einen

* Sämmtliche Drahtwindungen zu 10 Meilen Widerstand, sowie die Drahtwindungen zu 1 Meile Widerstand befinden sich zusammen auf je einer Rolle, so dass der Rheostat eigentlich nur 2 Widerstandsrollen enthält.

directen Weg von Schiene zu Schiene findet. Wo Löcher frei es sind so viele Einheiten eingeschaltet, als die beigeschrie- sind, muss der Strom die eingeschalteten Rollen passiren und benen, zu addirenden Zahlen angeben.

Die vordersten Schienen tragen die beiden Klemmen 1 und 2 für die erforderlichen Zuleitungen. Eine Stöpselung, wie sie die Figur zeigt, giebt einen Widerstand von:

$$2000 + 1000 + 1000 + 200 + 100 + 100 + 50 + 10 + 10 + 5 + 2 + 1 = 4478 \; S. \; E.$$

Zur Vermeidung von Selbstinduction werden die Drähte für Rheostatenwiderstände nach Fig. 34 in Doppelspiralen auf die Rolle gelegt, sodass der Strom beide Hälften einer Widerstandsrolle in entgegengesetztem Sinne durchlaufen muss.

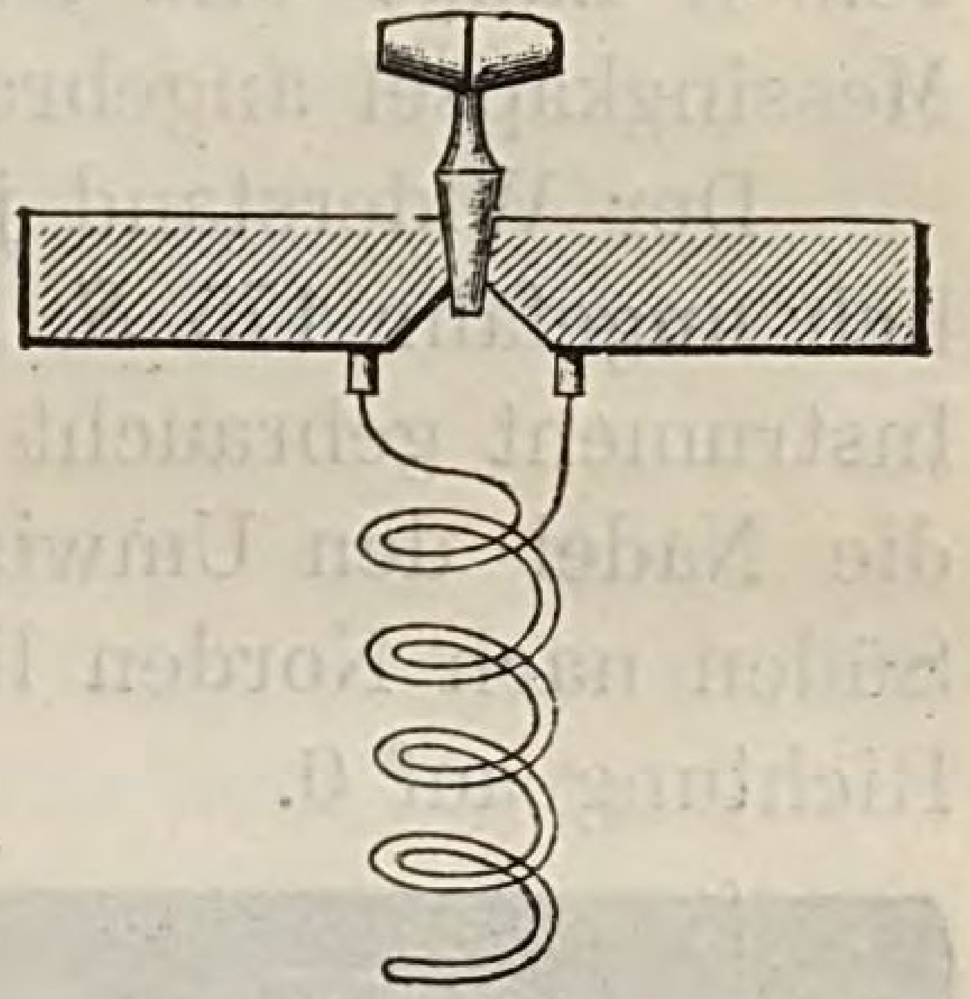


Fig. 34.

Differential-Galvanometer. — Das zweite zu Widerstandsmessungen nothwendige Instrument ist das Galvanometer. Wie schon früher erwähnt, hat man dieses Instrument je nach dem Zwecke, welchem es dienen soll, verschieden construirt. Zum Bestimmen grösserer Widerstände, z. B. für Leitungsmessungen, eignet sich ganz besonders das Differential-Galvanometer. Dasselbe stellt sich zusammen aus dem auf ein Doppelrähmchen* gelegten Multiplicatorgewinde, der Magnetnadel und dem senkrecht zu ihr auf ihrer Vertical-Axe befestigten Zeiger, welcher mit seinen Enden bis an die am Rande der Einfassung kreisförmig angebrachte Grad-Eintheilung reicht. Das ganze System befindet sich in einer mit Glas verschlossenen Messingkapsel.

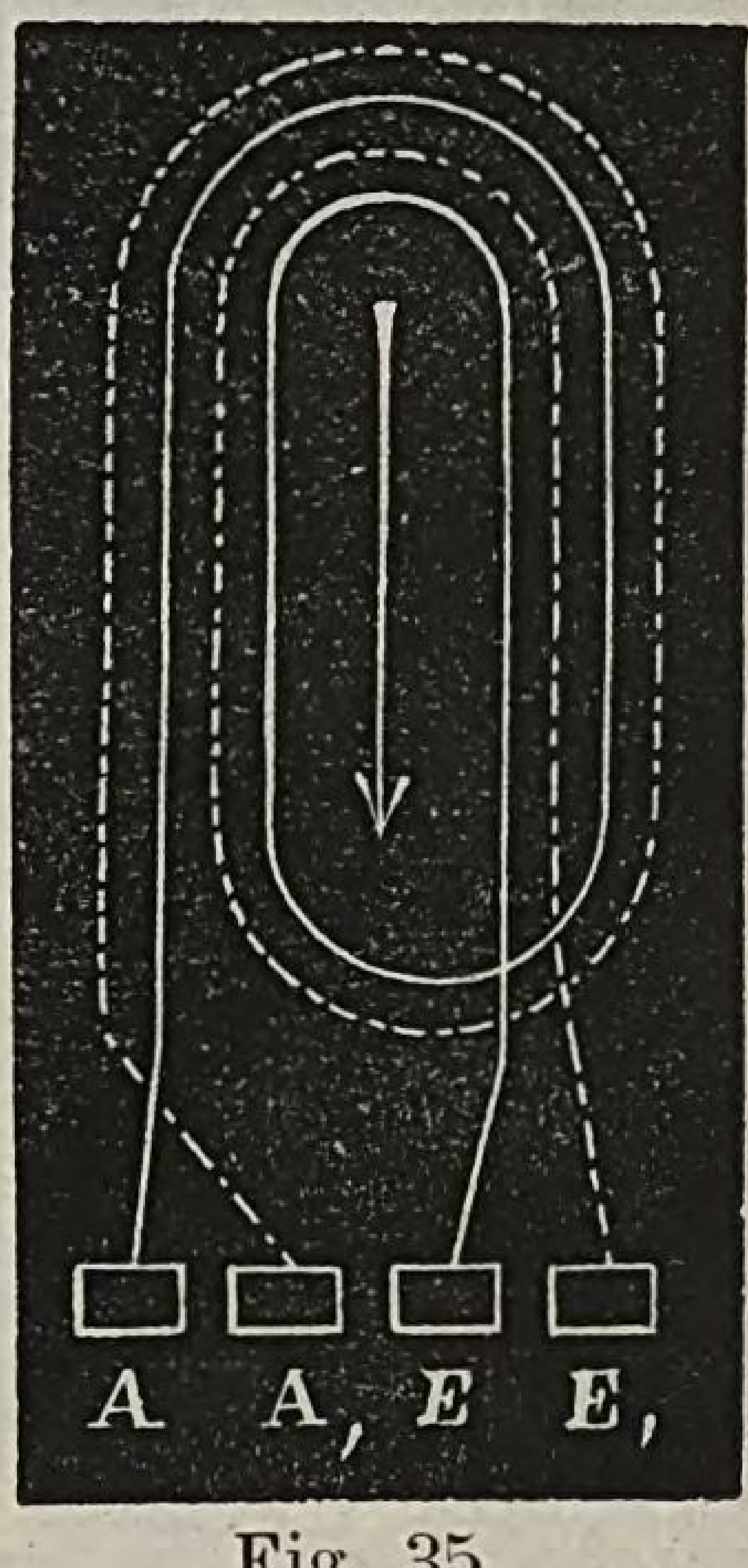


Fig. 35.

* Die beiden Rähmchen aus Messing sind durch zwei massive Kupferstücke in einem etwa 8 mm betragenden Abstande mit einander verbunden. Die Kupferstücke dienen gleichzeitig als Dämpfer für die Magnetnadel.

Durch eine Schraubenvorrichtung lässt sich die Nadel nicht nur leicht arretiren, sondern auch von der Spitze ihrer Axe abheben und gegen die untere Fläche der Glasdecke drücken und vollständig festlegen. Hierdurch wird die feine Spitze der stählernen Axe bei Versendungen etc. vor Beschädigungen gesichert.

Das Multiplicatorgewinde (s. Fig. 35) besteht aus zwei nebeneinander (bifilar) gewickelten Drähten von genau derselben Länge und Dicke, deren Enden an vier seitlich der Messingkapsel angebrachte Klemmen geführt sind.

Der Widerstand jedes einzelnen Drahtes beträgt gewöhnlich ungefähr 175 *S. E.* bei 1000 Umwindungen. Wenn das Instrument gebraucht werden soll, ist es so zu stellen, dass die Nadel den Umwindungen parallel in der Richtung von Süden nach Norden liegt. Der Zeiger steht dann in Ost-West-Richtung auf 0.

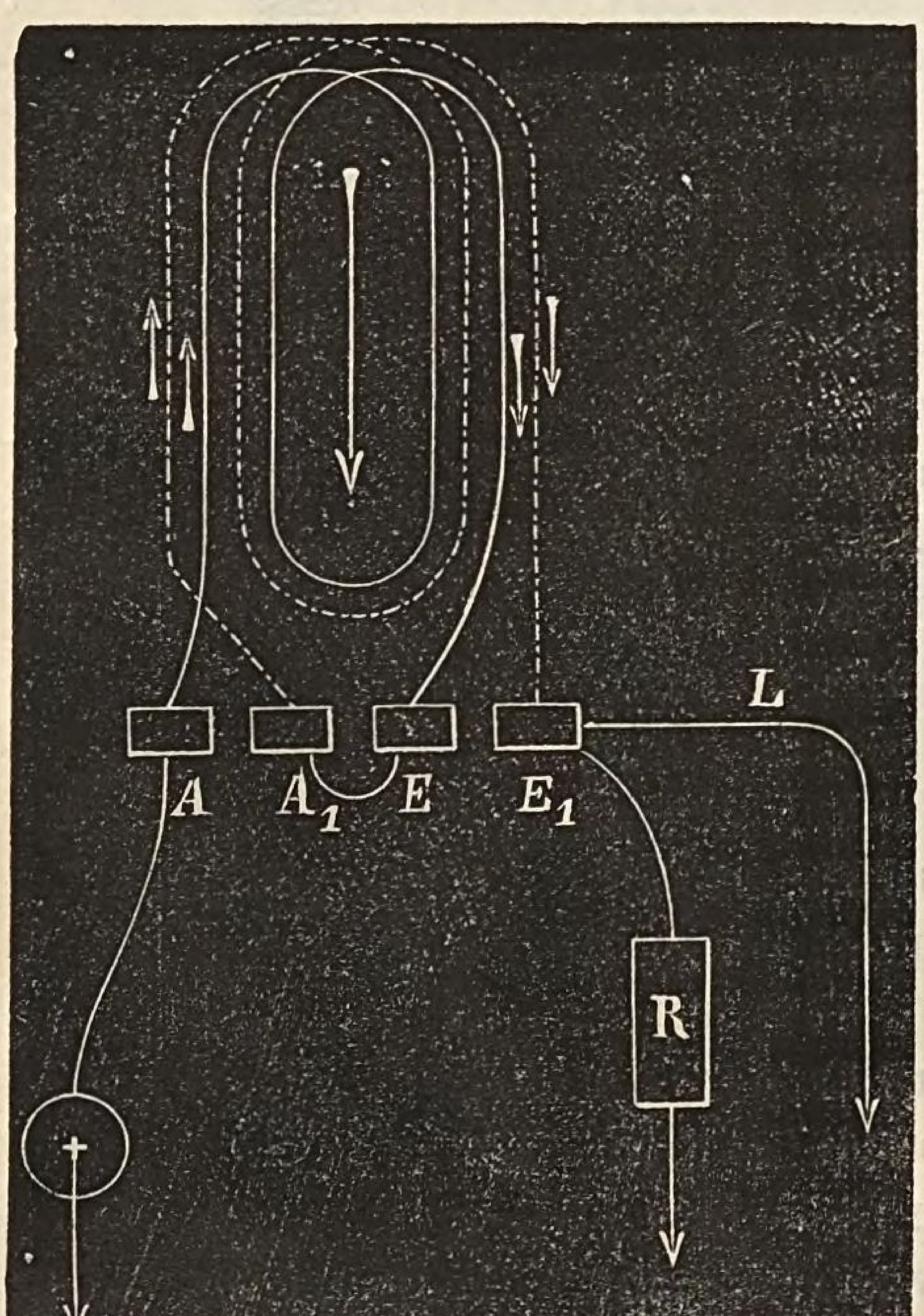


Fig. 36.

Messungs-Methoden. — Methode 1. Legt man an Klemme *A* (Fig. 36) den Pol einer kleinen Batterie, deren anderer Pol mit einer Erdleitung verbunden ist, und an Klemme E_1 den zu messenden Widerstand (z. B. eine auf dem anderen Amte zur Erde geführte Telegraphenleitung) während A_1 und *E* durch einen Draht in leitende Verbindung gebracht sind, dann wird die Nadel durch den beide Umwindungen hintereinander in gleicher Richtung durchfliessenden Strom abgelenkt und zwar unter einem um so grösseren Winkel, je geringer der Widerstand der Leitung ist.

Angenommen, die Ablenkung betrage 45 Grad. Löst man nun die Leitung von E_1 und schaltet statt ihrer eine Siemens-

Halske'sche Widerstands-Scala in den Stromkreis, an welcher man so lange Stöpsel zieht, bis der Zeiger des Galvanometers wiederum auf 45 Grad feststeht, dann müsste der eingeschaltete Rheostaten-Widerstand gleich dem zu bestimmenden Leitungswiderstande sein.

Dieses Verfahren ist aus folgenden Gründen selten von zuverlässigen Resultaten begleitet: Erstens kann sich während der beiden Untersuchungen in Folge von Polarisation die Strom-Intensität ändern, und zweitens vermindert sich bei nicht sehr empfindlichen Galvanometern der Einfluss der eingeschalteten Widerstände auf die Nadel, je mehr die Pole derselben sich von den Umwindungen entfernen, d. h. je grösser der Ausschlagswinkel wird.

Zuverlässige Ergebnisse liefert

Methode 2 (Differential-Methode). Man verbindet den nicht zur Erde geleiteten Pol der Untersuchungsbatterie mit dem Verbindungsdrahte der Klemmen A_1 und E, legt an E_1 den zu messenden Widerstand (auch hier eine auf dem Endamte zur Erde geführte Leitung), während ein Rheostat R zwischen Klemme A und Erde geschaltet ist (Fig. 37.) Der Batteriestrom verzweigt sich nun bei A_1 E; der eine Stromtheil geht durch den einen, der andere in entgegengesetzter Richtung durch den anderen Umwindungsdraht des Galvanometers: der eine gelangt durch den Rheostaten, der andere durch die Leitung zur Erde. Die Nadel wird unter dem Einflusse des Stromtheiles am meisten abgelenkt werden, welcher den wenigsten Widerstand zu überwinden hat, aber auf Null stehen, d. h. keine Ab-

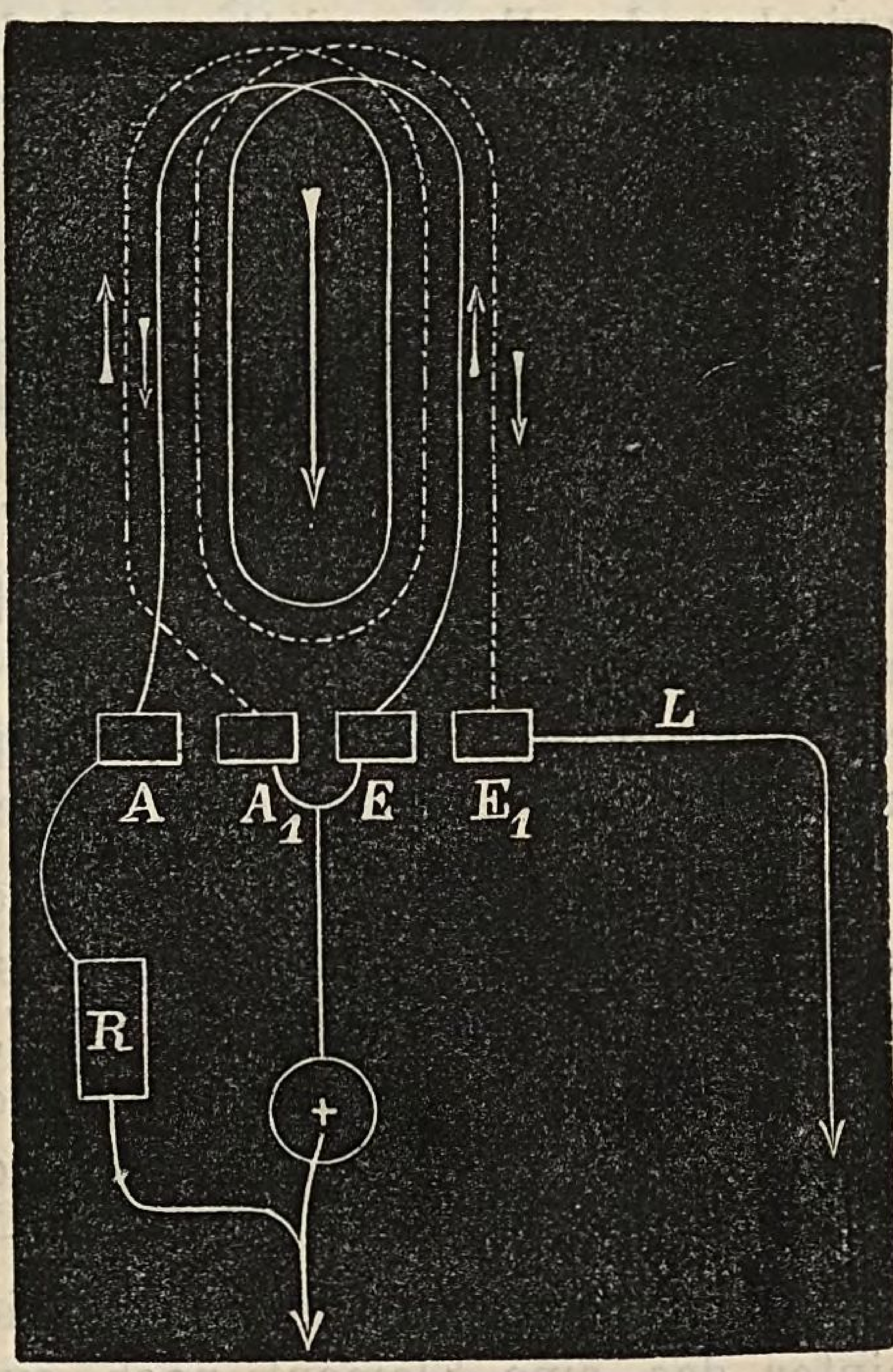


Fig. 37.

lenkung erfahren, wenn auf beiden Seiten der Widerstand gleich ist.

Hieraus folgt, dass, wenn die Nadel durch Einschaltung künstlicher Widerstände auf Null gebracht ist, jene dem zu messenden Widerstande gleich sein müssen.

Die Stromstärke. — Die in einer bestimmten Zeit durch den Schliessungsbogen einer Batterie bewegte Elektricitätsmenge (Stromstärke, Intensität des Stromes) ist direct proportional der Spannung oder der elektromotorischen Kraft, welche die Bewegung der elektrischen Fluiden, d. h. den galvanischen Strom bedingt und indirect proportional dem Widerstande, welcher der in Bewegung gesetzten Elektricität im Leiter geboten wird. Dieser Widerstand ist ein doppelter, nämlich der des indifferenten Leiters, also der Flüssigkeit zwischen den Erregerplatten und der des Schliessungsbogens. Man nennt ersteren den wesentlichen, letzteren den ausserwesentlichen Widerstand.

Jenes von Ohm im Jahre 1827 veröffentlichte und nach ihm genannte Gesetz des Verhältnisses von Stromstärke zu elektromotorischer Kraft und Widerstand lässt sich durch die Gleichung

$$S = \frac{E}{W + l}$$

ausdrücken. In derselben bedeutet S die Stromstärke, E die elektromotorische Kraft der Stromquelle, W den wesentlichen und l den ausserwesentlichen Widerstand im Stromkreise.

Bezeichnet man die elektromotorische Kraft eines Elementes mit e, den Widerstand desselben mit w und den des Schliessungsbogens auch hier mit l, so ist die Stärke des von einem Elemente gelieferten Stromes:

$$S_1 = \frac{e}{w + l}.$$

Bleibt der ausserwesentliche Widerstand derselbe, während hinter das eine Element noch ein zweites geschaltet wird, dann ist

$$S_2 = \frac{2\,e}{2\,w + l}.$$

Schalten wir drei Elemente hintereinander, ohne l zu verändern, dann ist

$$S_3 = \frac{3\,e}{3w + l.}$$

Angenommen: $e = 1$

$w = 6\ S.\ E.$

$l = 20\ S.\ E.$

$$S_1 = \frac{1}{6 + 20} = \frac{1}{26}$$

$$S_2 = \frac{2}{2\,.\,6 + 20} = \frac{2}{32} = \frac{1}{16}$$

$$S_3 = \frac{3}{3\,.\,6 + 20} = \frac{3}{38}$$

$$S_4 = \frac{4}{4\,.\,6 + 20} = \frac{4}{44} = \frac{1}{11} \quad \text{u. s. w.}$$

Wir sehen bereits aus diesen wenigen Beispielen, dass, wenn sowohl der wesentliche als der ausserwesentliche Widerstand in Anrechnung kommt, die Stromstärke zwar mit der Anzahl der Elemente zunimmt, dass sie aber nicht in gleichem Verhältniss mit der Vermehrung derselben wächst, d. h. dass S_4 z. B. nicht doppelt so gross als S_2, und S_2 nicht doppelt so gross als S_1 ist.

Vernachlässigen wir den ausserwesentlichen Widerstand gänzlich, so dass $l = 0$ wird, dann ist die Stromstärke in jedem Falle, ob wir nur ein Element oder hundert zu einer Batterie hinter einander geschaltete Elemente kurz schliessen, gleich der elektromotorischen Kraft eines Elementes, dividirt durch den Widerstand eines Elementes:

$$S_1 = \frac{e}{w}$$

$$S_2 = \frac{2e}{2w} = \frac{e}{w}$$

$$S_3 = \frac{3e}{3w} = \frac{e}{w}$$

$$Sn = \frac{ne}{nw} = \frac{e}{w}$$

Der Werth $\frac{e}{w}$ ist das Maximum der Stromstärke, welches bei der Verbindung der Elemente, wie wir sie bis jetzt kennen gelernt haben, niemals erreicht wird, sobald der Schliessungsbogen auch nur den geringsten Widerstand bietet.

Verbinden wir z. B. die beiden Pole einer Batterie von 1000 hinter einander geschalteten Elementen durch einen Draht von 1 *S. E.* Widerstand und setzen wir die elektromotorische Kraft eines Elementes $e = 1$ und den Widerstand desselben $w = 6$, dann ist

$$S_{1000} = \frac{1000}{1000 \,.\, 6 + 1} = \frac{1000}{6001}$$

während ein einziges dieser Elemente, so in sich geschlossen, dass $l = 0$ ist, eine Stromstärke:

$$S_1 = \frac{1}{6}$$

liefern muss.

Wäre man im Stande, ein galvanisches Element zusammenzustellen, dessen innerer Widerstand so gering ist, dass er auch dem kleinsten Widerstande des Schliessungsbogens gegenüber vernachlässigt werden könnte, dann würde die Stromstärke proportional der Anzahl der hinter einander geschalteten Elemente wachsen; denn:

$$S_1 = \frac{e}{l}$$

$$S_2 = \frac{2e}{l}$$

$$Sn = \frac{ne}{l}$$

Da jeder Widerstand, welcher der Elektricität geboten wird, indirect proportional dem Querschnitte ihres Leiters ist, so wird in demselben Verhältnisse auch die Grösse des wesentlichen Widerstandes, abgesehen von der Natur der leitenden Flüssigkeit, von der Grösse der sich in ihr gegenüberstehenden Erregerplatten abhängen.

Hat man also zwei Metallplatten von einer bestimmten Grösse, und bietet der zwischen beiden befindliche indifferente Leiter der Ausgleichung der durch sie erzeugten Elektricität einen Widerstand $w = 1$, dann wird $w = {}^1/_2$, sobald man

statt jener doppelt so grosse Platten desselben Metalls in derselben Flüssigkeit sich gegenüberstellt.

Anstatt durch Anwendung grosser Erregerplatten den einzelnen Elementen Dimensionen zu geben, welche für die Aufstellung und Behandlung derselben oft unbequem sein würden, verbindet man so viele Elemente zu einem einzigen, als zur Erzielung eines zweckentsprechenden, geringen Widerstandes nöthig sind. Diese Vereinigung mehrerer Elemente zu einem einzigen, wobei die elektromotorische Kraft dieselbe bleibt (denn diese ist nicht von der Grösse, sondern von der natürlichen Beschaffenheit der Erregerplatten abhängig), der Widerstand aber um so viel verringert wird, als Plattenpaare (Elemente) zu einem vereinigt sind, nennt man Nebeneinander- oder Parallelschaltung.

Bis jetzt kannten wir nur die Hintereinanderschaltung, bei welcher der positive Pol des einen mit dem negativen des benachbarten Elementes verbunden ist.

Bei der in Fig. 38 dargestellten Verbindung zweier Elemente sind die beiden positiven und die beiden negativen Pole

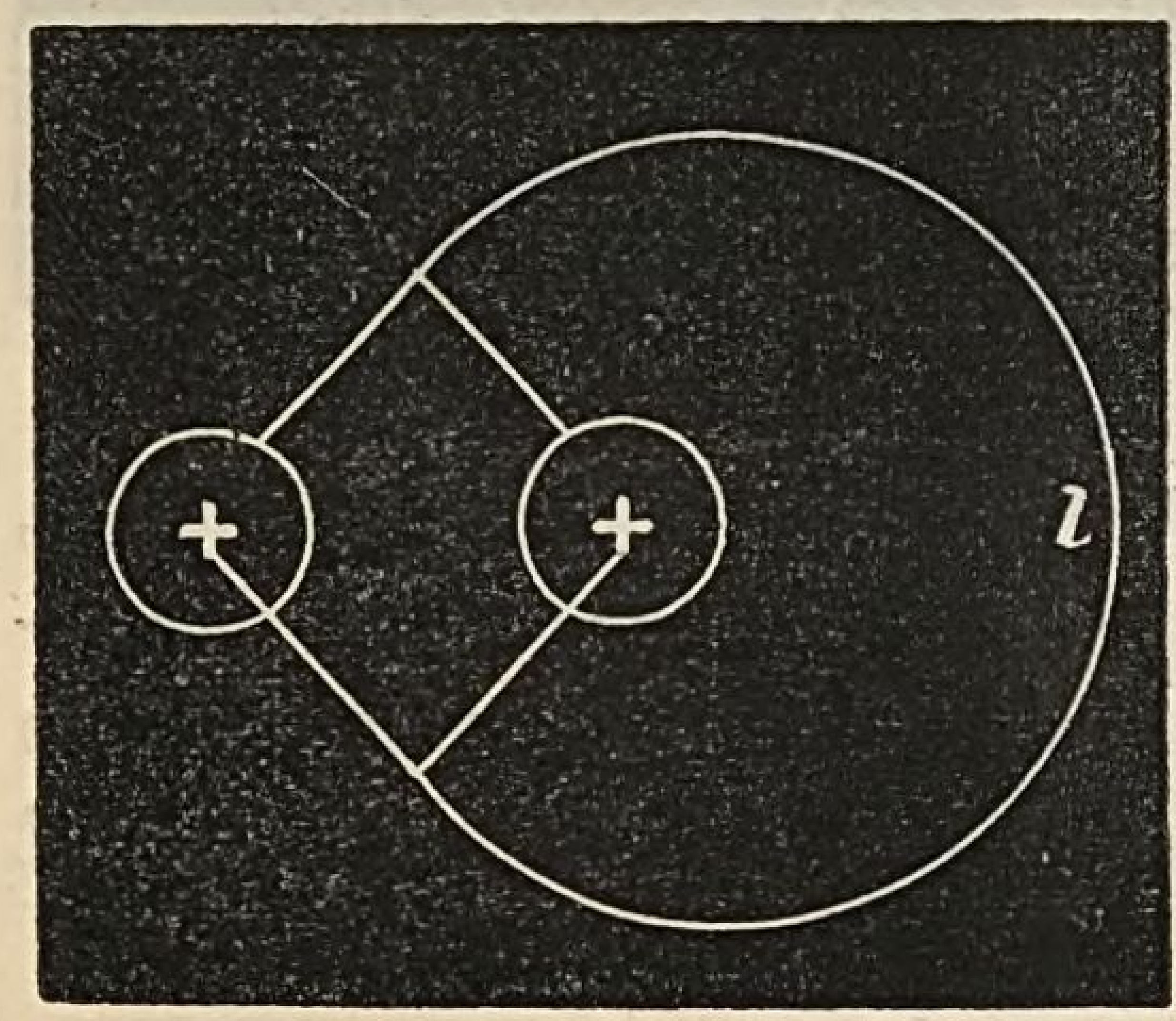


Fig. 38.

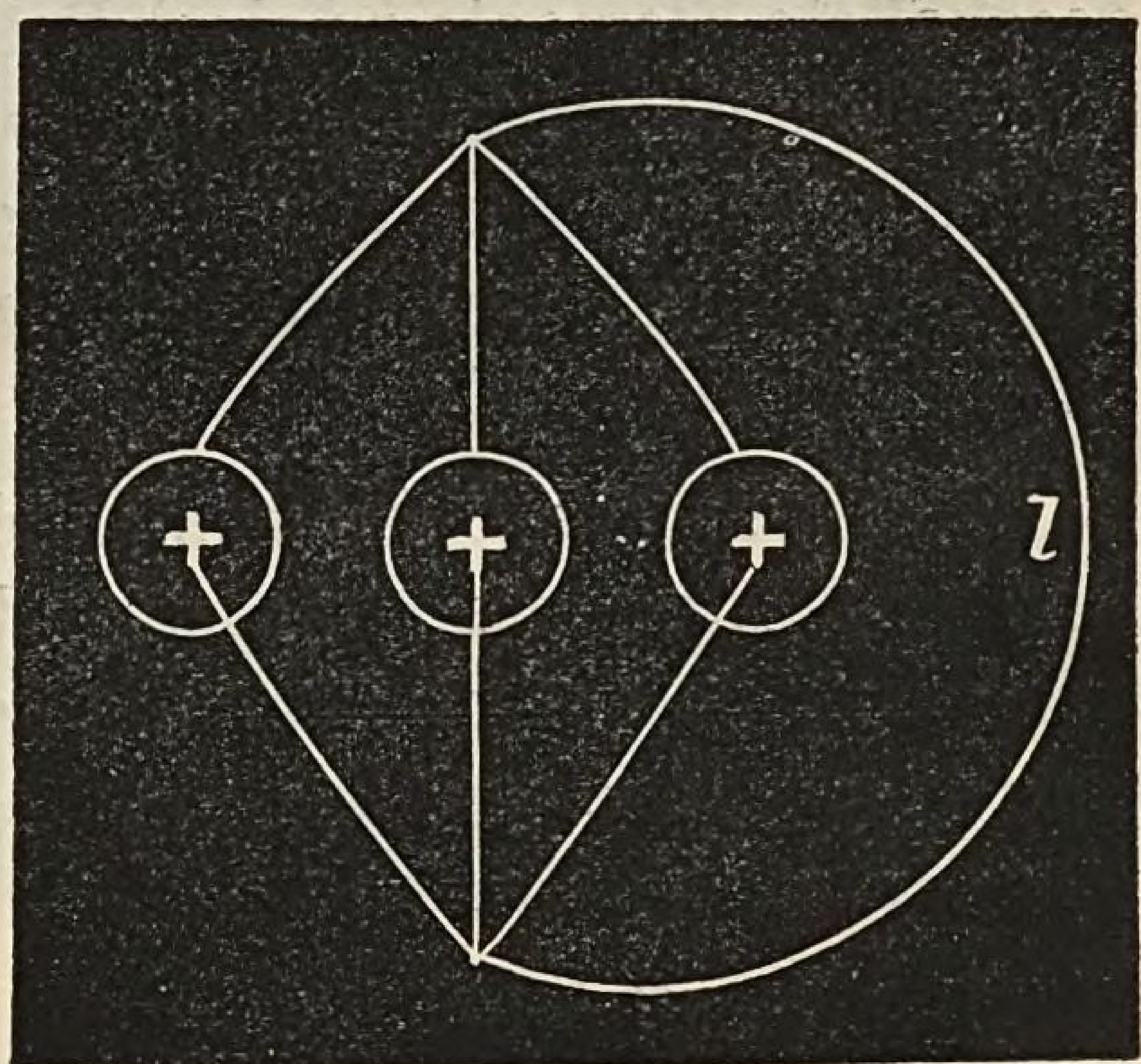


Fig. 39.

durch je einen Draht mit einander vereinigt und bilden so ein Element mit verdoppelten Platten. Die Stärke des in dem Schliessungsbogen l circulirenden Stromes wird sein:

$$ {}^2S_1 = \frac{e}{\frac{w}{2} + l} $$

Vereinigen wir in derselben Weise drei Elemente zu einem einzigen (s. Fig. 39), dann ist

$$^3S_1 = \frac{e}{\frac{w}{3} + l}$$

($^2S_1$ soll die Stromstärke für ein doppelplattiges, $^3S_1$ die für ein dreiplattiges, $^nS_1$ die für ein nplattiges Element bedeuten.)

Die Stromstärke eines nplattigen Elementes:

$$^nS_1 = \frac{e}{\frac{w}{n} + l}$$

An der elektromotorischen Kraft wird also durch Nebeneinanderschaltung nichts geändert, während der wesentliche Widerstand im Verhältniss zur Anzahl der nebeneinander geschalteten Elemente abnimmt.

Will man mehrere nebeneinander geschaltete Elemente zu einer Batterie hintereinander verbinden, so bewirkt man die Nebeneinanderschaltung erst an den Polen der einzelnen hintereinander geschalteten Reihen.

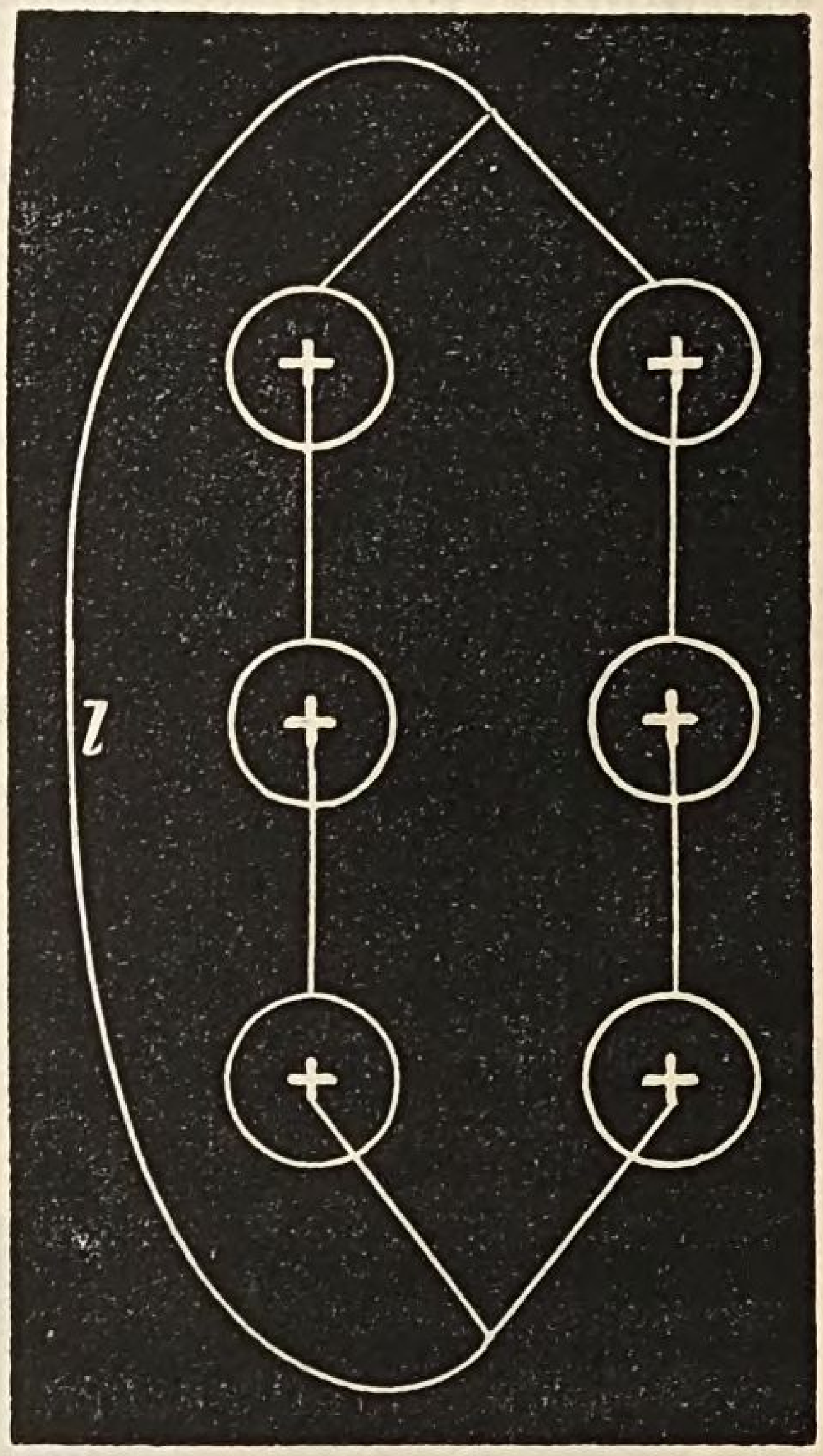


Fig. 40.

Um also aus 6 Elementen drei doppelplattige zu erhalten, sind je 3 Elemente hintereinander zu schalten und die gleichnamigen Pole der beiden einzelnen hinter einander geschalteten Batterien von drei Elementen, wie aus Fig. 40 ersichtlich, mit einander zu verbinden.

Der im Schliessungsbogen l circulirende Strom hat die Stärke

$$^2S_3 = \frac{3e}{\frac{3w}{2} + l}$$

Es lässt sich hiernach eine bestimmte Anzahl von Elementen verschiedenartig zu einer Batterie verbinden. Acht Elemente z. B. lassen die vier in Fig. 41—44 veranschaulichten Combinationen zu: Entweder besteht die Batterie aus 8 hintereinander geschalteten oder 4 doppelplattigen oder 2 vier-

plattigen oder 8 nebeneinander geschalteten Elementen (d. h. einem achtplattigen Elemente).

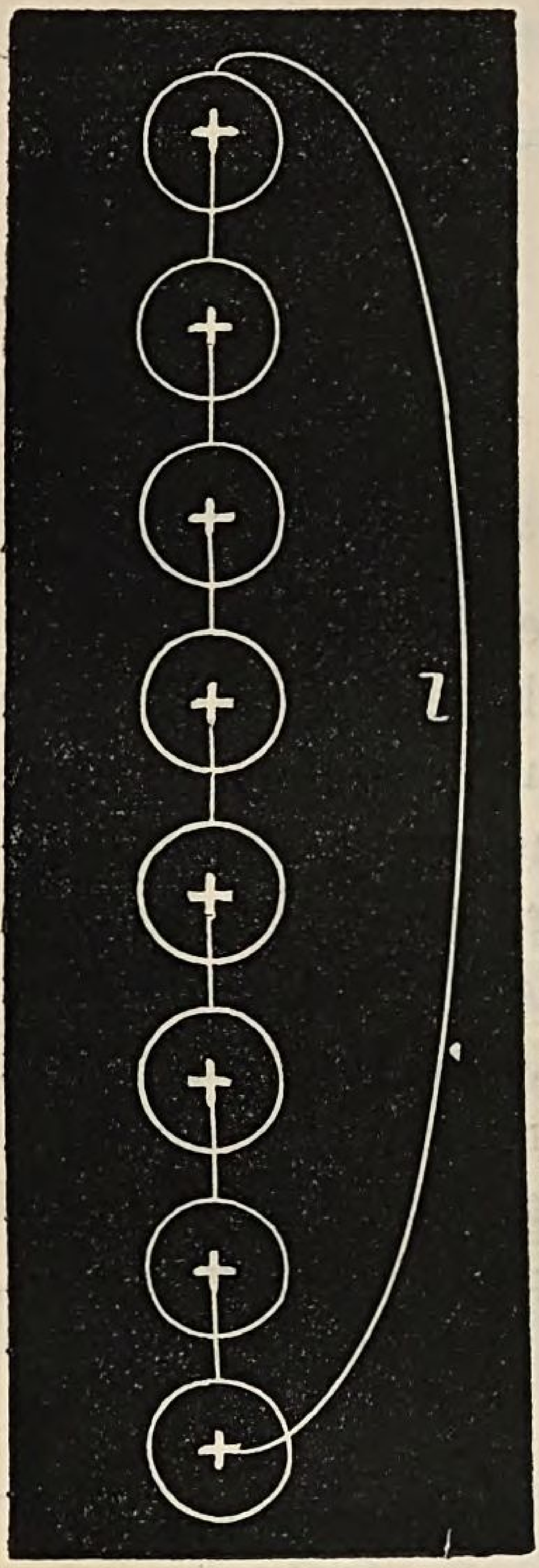


Fig. 41.

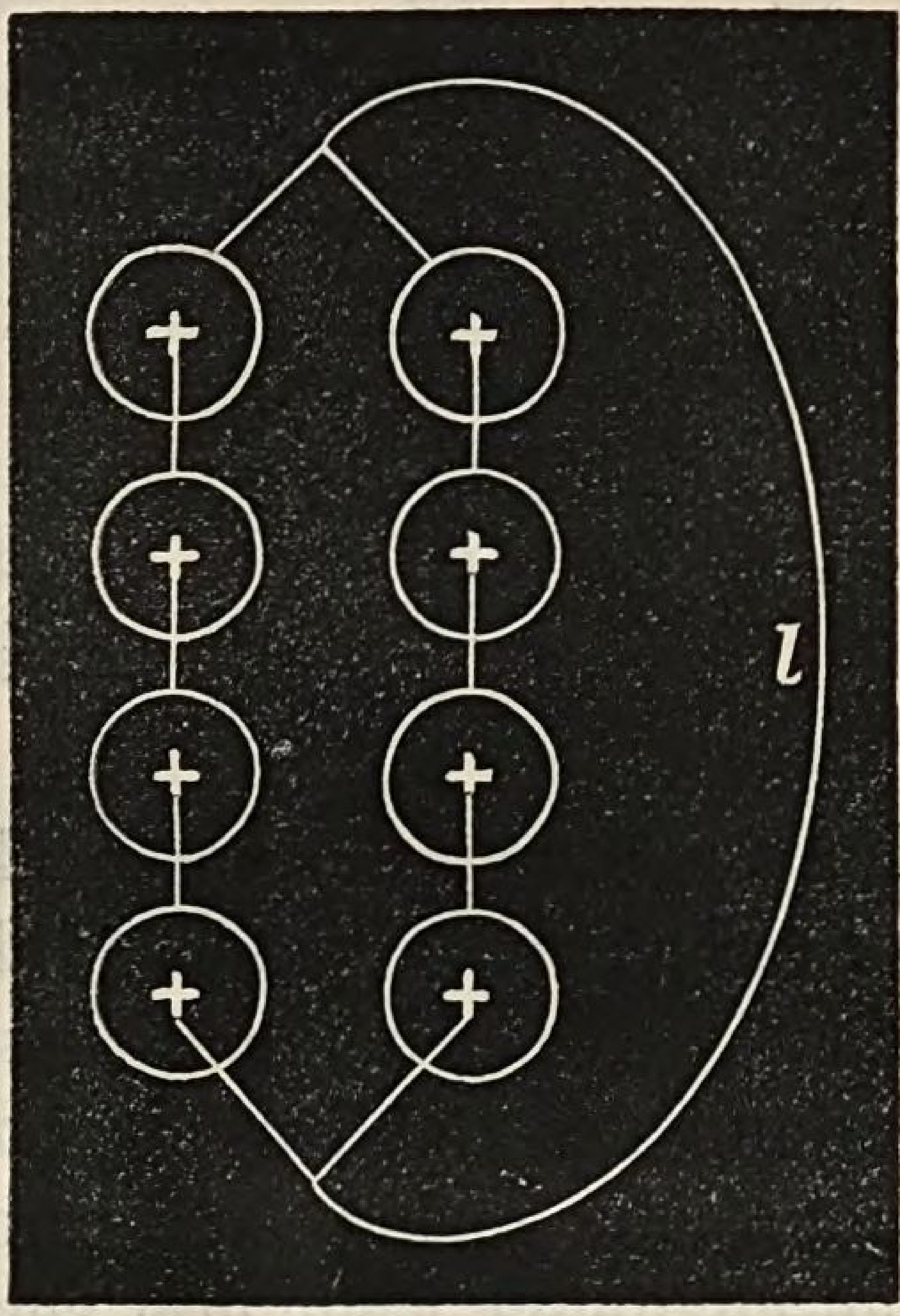


Fig. 42.

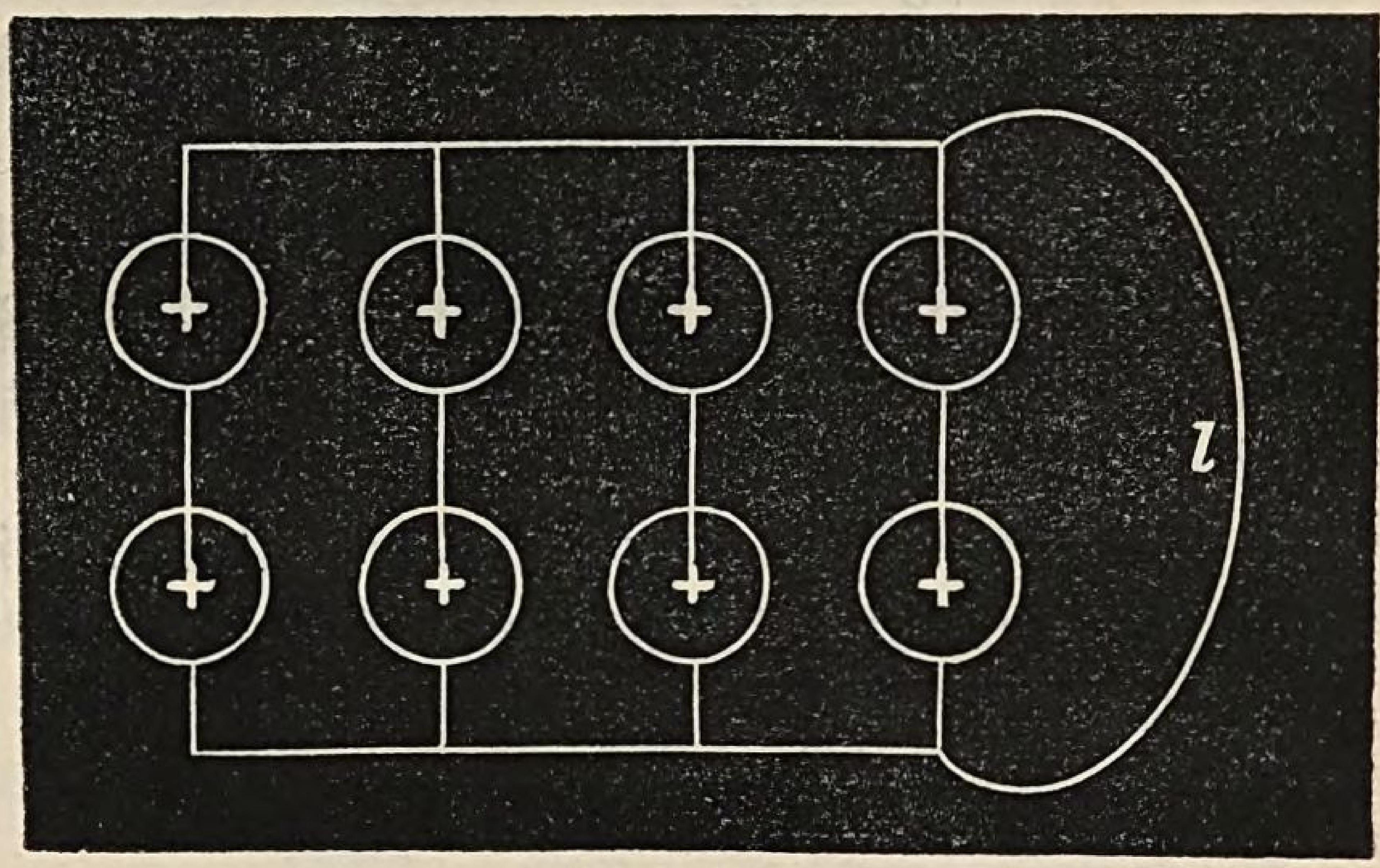


Fig. 43.

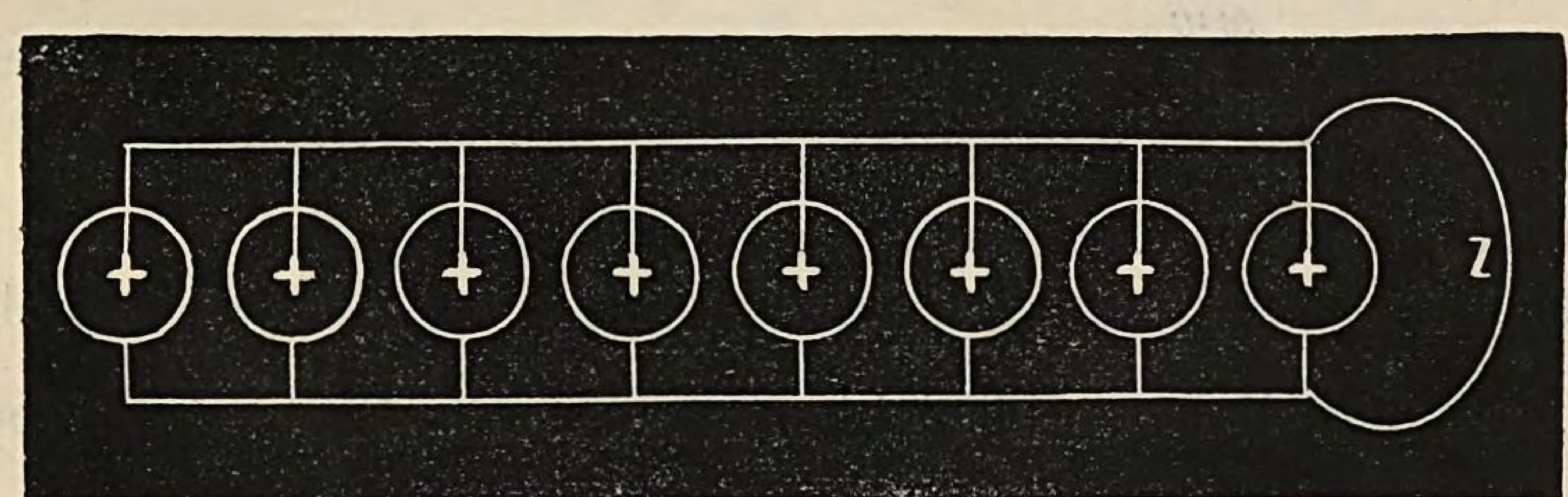


Fig. 44.

Die Stromstärken, welche die einzelnen Verbindungen liefern, sind:

$$S_8 = \frac{8e}{8w + l}$$

$$^2S_4 = \frac{4e}{\frac{4w}{2} + l} = \frac{4e}{2w + l}$$

$$^4S_2 = \frac{2e}{\frac{2w}{4} + l} = \frac{2e}{\frac{w}{2} + l} = \frac{4e}{w + 2l}$$

$$^8S_1 = \frac{e}{\frac{w}{8} + l} = \frac{8e}{w + 8l}$$

Welche Schaltung die vortheilhafteste ist, hängt von der Grösse des ausserwesentlichen Widerstandes ab.

Aus dem Vorhergehenden wissen wir bereits, dass, wenn der Widerstand des Schliessungsbogens im Vergleich zu dem der Elemente sehr gering ist, durch Vermehrung der hintereinander geschalteten Elemente sehr wenig, sehr viel dagegen durch Verringerung des wesentlichen Widerstandes erreicht wird. Die Grenzen für diese allgemeine Regel zieht folgender von Jacobi aufgestellte Lehrsatz: „Ein Maximum der Stromstärke erzielt man für eine gegebene Anzahl von Elementen, wenn dieselben so geordnet werden, dass der wesentliche Widerstand dem ausserwesentlichen gleich ist."

Beweis: Wenn von n Elementen x hinter- und y nebeneinander geschaltet sind, so ist:

$$^yS_x = \frac{xe}{\frac{xw}{y} + l}$$

Ist nun $\frac{xw}{y} = l$, so ist nach dem Jacobi'schen Lehrsatze die durch jene Combination erzielte Stromstärke die grösste, welche durch keine andere Schaltung der n Elemente erzielt werden kann. Vergrössern wir z. B. den wesentlichen Widerstand, indem wir nicht y, sondern $\frac{y}{a}$ Elemente neben- und demnach ax Elemente hintereinander schalten (denn das Product aus hinter- und nebeneinander geschalteten Elementen muss immer $xy = n$ bleiben), dann ist

$$^{y/a}S_{ax} = \frac{axe}{\frac{axw}{y/a} + l} = \frac{axe}{\frac{a^2xw}{y} + l} = \frac{xe}{\frac{axw}{y} + \frac{l}{a}}$$

Wir behaupten nun, dass die durch die erste Schaltung erzielte Stromstärke grösser, als die der letzteren sei, also:

$$^{y}S_{x} > {}^{y/a}S_{ax}\text{*}$$

$$\frac{xe}{\frac{xw}{y} + l} > \frac{xe}{\frac{axw}{y} + \frac{l}{a}}$$

Nach Voraussetzung ist: $\frac{xw}{y} = l$; daher:

$$\frac{xe}{l + l} > \frac{xe}{al + \frac{l}{a}}$$

Da die Zähler beider Brüche dieselben sind, so ist nur noch nachzuweisen, dass $al + \frac{l}{a} > 2l$; denn der Werth eines Bruches nimmt ab, wenn sein Nenner grösser wird.

Für a = 1, ist die zweite Schaltung $^{y/a}S_{ax}$ gleich der ersten $^{y}S_{x}$, da $\frac{y}{1} = y$ und $1\,x = x$.

Wir haben aber die Anzahl der nebeneinander geschalteten Elemente vermindern und die der hintereinander geschalteten vermehren wollen, deshalb muss a grösser als 1 sein. Ist aber a grösser als 1, dann ist auch

$$al + \frac{l}{a} > 2l$$

folglich:

$$^{y}S_{x} > {}^{y/a}S_{ax}.$$

Um nun ferner zu zeigen, dass auch durch Verminderung des wesentlichen Widerstandes jene Maximalstromstärke

* $a > b$ bedeutet, dass a grösser als b. Umgekehrt zeigt man durch $a < b$ an, dass a kleiner als b.

$$^{y}S_x = \frac{xe}{\frac{xw}{y} + l}$$

nicht erreicht wird, vergleichen wir mit letzterer die Stromstärke, welche n Elemente liefern, von denen ay neben- und $\frac{x}{a}$ Elemente hintereinander geschaltet werden.

$$^{ay}S_{x/a} = \frac{\frac{x}{a}e}{\frac{\frac{x}{a}w}{ay} + l} = \frac{xe}{\frac{xw}{ay} + al}$$

Behauptet wird jetzt:

$$^{y}S_x > {}^{ay}S_{x/a}$$

$$\frac{xe}{\frac{xw}{y} + l} > \frac{xe}{\frac{xw}{ay} + al}$$

oder der Nenner des zweiten Bruches grösser als der des ersten:

$$\frac{xw}{ay} + al > \frac{xw}{y} + l$$

$$\frac{xw}{y} = l$$

$$\frac{l}{a} + al > 2l$$

da a grösser als 1 ist, folglich:

$$^{y}S_x > {}^{ay}S_{x/a}.$$

Wenn also $\frac{xw}{y} = l$ ist, werden n Elemente, um die grösste Stromstärke zu liefern, nur so zu einer Batterie verbunden werden dürfen, dass von ihnen x Elemente hinter- und y Elemente nebeneinander geschaltet sind.

Aufgabe: Wie sind 12 Elemente, von denen jedes eine elektromotorische Kraft $e = 1$ und einen Widerstand $w = 6$ *S. E.* hat, zu schalten, damit sie bei einem Widerstande des Schliessungsbogens $l = 18$ *S. E.* die grösste Stromstärke liefern?

Nach vorigem ist:

$$\frac{xw}{y} = l$$

$$xy = n$$

Hieraus folgt: $y = \frac{xw}{l}$ und

$$y = \frac{n}{x}$$

$$\frac{xw}{l} = \frac{n}{x}$$

$$x^2 = \frac{nl}{w}$$

$$x = \sqrt{\frac{nl}{w}}$$

$$x = \sqrt{\frac{12 \cdot 18}{6}} = \sqrt{36}$$

$$x = 6$$

$$y = \frac{n}{x} = \frac{12}{6} = 2$$

Die grösste Stromstärke wird unter den gegebenen Bedingungen also erzielt, wenn von den 12 Elementen 6 hinter- und 2 nebeneinander geschaltet sind:

$$^2S_6 = \frac{6}{\frac{6 \cdot 6}{2} + 18} = \frac{6}{36} = \frac{1}{6}$$

Die übrigen Schaltungen von 12 Elementen ergeben folgende Stromstärken:

$$^1S_{12} = \frac{12}{12 \cdot 6 + 18} = \frac{12}{90} = \frac{2}{15}$$

$$^3S_4 = \frac{4}{\frac{4 \cdot 6}{3} + 18} = \frac{4}{26} = \frac{2}{13}$$

$$^4S_3 = \frac{3}{\frac{3 \cdot 6}{4} + 18} = \frac{6}{45} = \frac{2}{15}$$

$$^{6}S_2 = \frac{2}{\frac{2\,.\,6}{6} + 18} = \frac{2}{20} = \frac{1}{10}$$

$$^{12}S_1 = \frac{1}{\frac{6}{12} + 18} = \frac{2}{37}$$

Nicht immer wird der wesentliche Widerstand dem ausserwesentlichen durch Parallelschaltung der Elemente ganz gleich gemacht werden können. In solchen Fällen wählt man von den zunächst liegenden diejenige Combination, bei welcher das Product aus der Anzahl der hintereinander geschalteten Elemente und dem Widerstande eines einzelnen Elementes vermehrt um das Product aus der Anzahl der nebeneinander geschalteten Elemente und dem ausserwesentlichen Widerstande die kleinste Summe ergiebt.

Dies folgt aus:

$$^{y}S_x = \frac{xe}{\frac{xw}{y} + l} = \frac{ne}{xw + yl}$$

Je kleiner die Summe $xw + yl$, desto grösser der Werth des Bruches: $\frac{ne}{xw + yl}$.

Soll z. B. für den ausserwesentlichen Widerstand $l = 200$ *S. E.* diejenige Combination von 60 Elementen gesucht werden, welche den stärksten Strom liefert, so ergiebt sich als Anzahl der hintereinander zu schaltenden Elemente:

$$x = \sqrt{\frac{nl}{w}} = \sqrt{\frac{60\,.\,200}{6}} = 45.$$

Da es nun keine ganze Zahl giebt, welche mit 45 multiplicirt das Product 60 ergiebt, werden wir den der Zahl 45 nächstliegenden Factor für 60 in Betracht zu ziehen haben. Dieser ist nach oben 60, nach unten 30. Für den ersteren ist

$$xw + yl = 60\,.\,6 + 1\,.\,200 = 560$$

für den anderen:

$$xw + yl = 30\,.\,6 + 2\,.\,200 = 580$$
$$560 < 580$$

Daher:

$$S_{60} > {}^2S_{30}$$

$$S_{60} = \frac{60}{6 \cdot 60 + 200} = 0{,}107.$$

$$^2S_{30} = \frac{60}{30 \cdot 6 + 2 \cdot 200} = 0{,}103.$$

Bei Anwendung der Nebeneinanderschaltung ist mit grosser Sorgfalt auf thunlichst gleichartige Behandlung aller zu einer Batterie gehöriger Elemente zu halten, damit nebeneinander geschaltete Reihen gleich stark elektromotorisch wirken; anders würden Stromausgleichungen innerhalb der Batterie zu unnützem Zinkverbrauch Veranlassung geben.

Stromverzweigung. — Wenn sich der Schliessungsbogen einer galvanischen Batterie zwischen zwei Punkten in mehrere Zweige theilt, so ist:

1) Die Summe der Stromstärken in den einzelnen Zweigen gleich der Stärke des ungetheilten Stromes.

2) Die Stromstärken in den einzelnen Zweigen verhalten sich unter sich und zu der Gesammtstromstärke umgekehrt wie die betreffenden Leitungswiderstände.

In Fig. 45 theilt sich der Schliessungsbogen der Batterie *B* zwischen den Punkten *a* und *b* in zwei Zweige von verschiedenen Widerständen, welche jedoch auf eine bestimmte Maasseinheit (etwa Siemens-Einheiten) zurückgeführt (reducirt) sein sollen. Der Widerstand des Leiters *acb* sei gleich l *S. E.* und der des anderen *adb* gleich l_1 *S. E.*

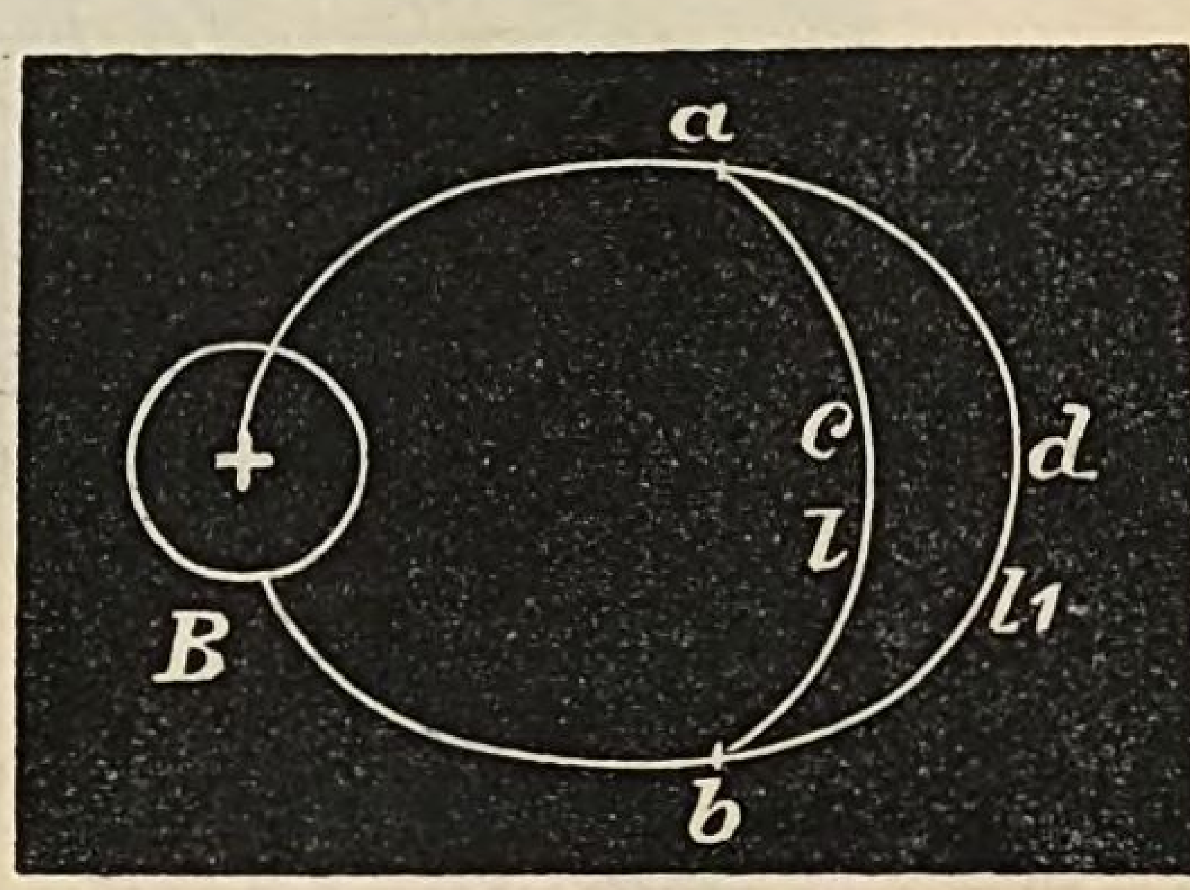


Fig. 45.

Nach dem ersten Satze ist die Stromstärke im Zweige *acb*, welche wir s nennen wollen, vermehrt um s_1, d. h. die Stromstärke im Zweige *adb* gleich der Gesammtstromstärke. Letztere soll mit S bezeichnet werden: $S = s + s_1$.

Nach dem zweiten Satze:

$$s : s_1 = l_1 : l$$
$$s : S = L : l$$
$$s_1 : S = L : l_1$$

Die Gesammtstromstärke S ist gleich der elektromotorischen Kraft der Batterie, dividirt durch den Widerstand derselben und denjenigen, welchen beide Zweige *acb* und *adb* zusammen (combinirt) dem Gesammtstrome entgegensetzen.* Dieser combinirte Widerstand ist hier mit L bezeichnet. Da die Widerstände in den Zweigen als bekannt vorausgesetzt sind, ist es möglich, den Werth für L aus den obigen Proportionen zu bestimmen.

$$L = \frac{l s}{S}.$$

$$S = s + s_1$$
$$s_1 = S - s$$
$$s : s_1 = l_1 : l$$
$$s_1 = \frac{l s}{l_1}$$

$$S - s = \frac{l s}{l_1}$$
$$l_1 S - l_1 s = l s$$
$$l_1 S = (l + l_1) s$$
$$s = \frac{l_1 S}{l + l_1}$$
$$\frac{s}{S} = \frac{l_1}{l + l_1}$$

$$L = \frac{l l_1}{l + l_1}$$

Nachdem wir den Widerstand gefunden haben, welchen beide Zweige, als ein einziger Leiter gedacht, dem Gesammtstrome bieten, ist die Stärke des letzteren auszudrücken durch

$$S = \frac{E}{W + \frac{l l_1}{l + l_1}}$$

$$S = \frac{(l + l_1) E}{W l + W l_1 + l l_1} = \frac{(l + l_1) E}{W (l + l_1) + l l_1}$$

* Der ausserwesentliche Widerstand bis zur Verzweigung ist hierbei vernachlässigt.

Den Werth für s, d. h. die Stromstärke im Zweige abc erhalten wir aus der Gleichung:

$$s = \frac{l_1 S}{l + l_1}$$

$$s = \frac{(l + l_1)\, l_1 E}{(l + l_1)(Wl + Wl_1 + ll_1)}$$

$$s = \frac{l_1 E}{Wl + Wl_1 + ll_1} = \frac{l_1 E}{W(l + l_1) + ll_1}$$

Der Werth für s_1 lässt sich entweder aus der Gleichung:

$$s_1 = \frac{ls}{l_1}$$

oder aus:

$$s_1 = S - s$$

bestimmen.

$$s_1 = \frac{lE}{Wl + Wl_1 + ll_1} = \frac{lE}{W(l + l_1) + ll_1}$$

Aufgabe (s. Fig. 46): Eine Batterie von 50 hintereinander geschalteten Elementen, von denen jedes eine elektromotorische Kraft $e = 1$ und einen Widerstand $w = 6$ *S. E.* hat, sendet Strom in die Leitung *AB*. Dieselbe habe einen Widerstand

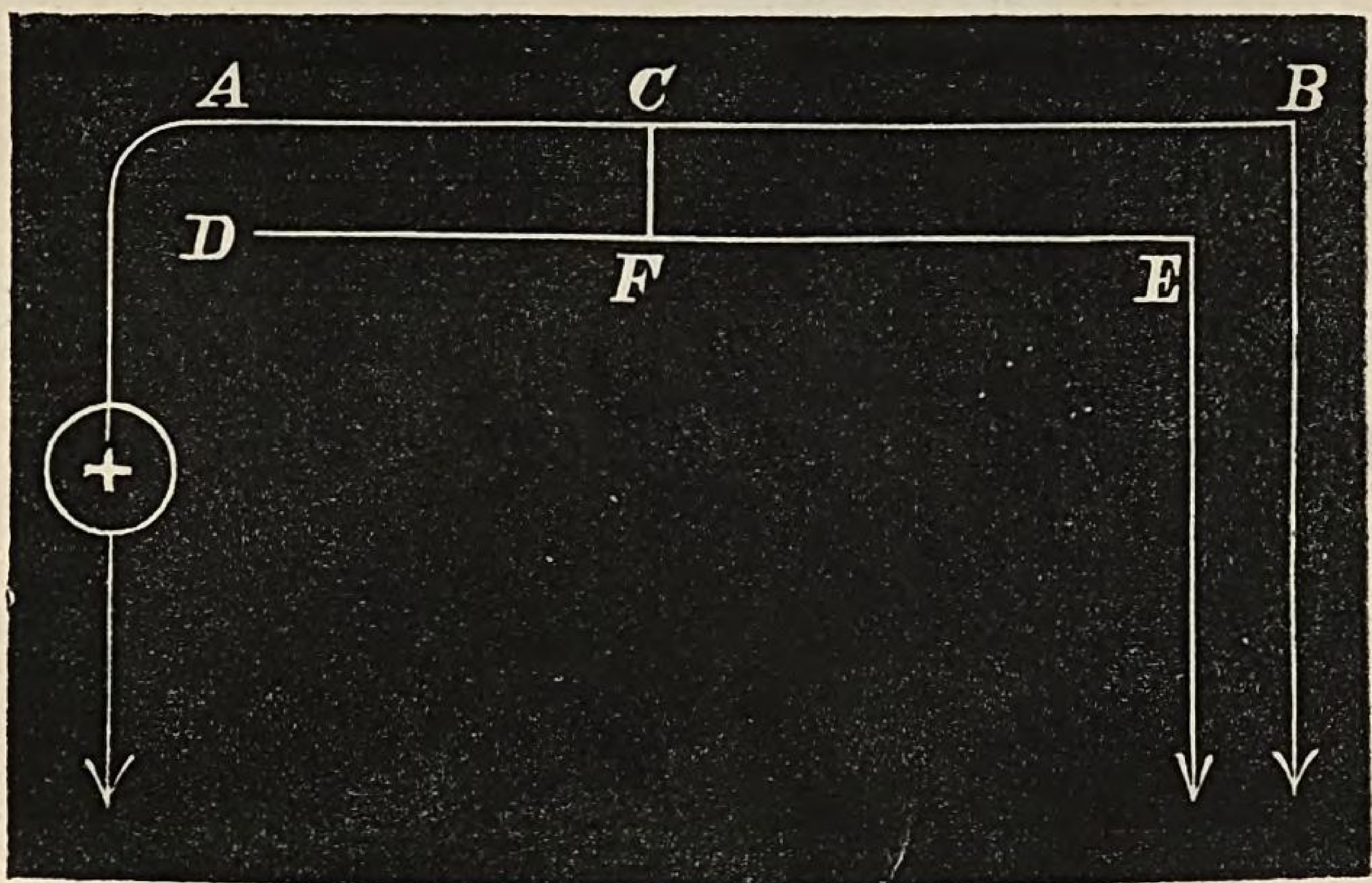


Fig. 46.

von 600 *S. E.* und sei bei *C* mit Leitung *DE* in Berührung. (Letztere ist bei *D* isolirt, bei *E* jedoch zur Erde geführt.) Die Entfernung von *A* bis *C* betrage 10 Kilometer, so dass man den Widerstand der Leitung zwischen diesen beiden Punkten gleich 100 *S. E.* annehmen kann. Der Widerstand des Zweiges *CFE* endlich betrage 400 *S. E.*

1. Wie gross würde die Stromstärke in AB sein, wenn diese die Leitung DE nicht berührte?

2. Welches ist die Gesammtstromstärke der Batterie während der Berührung?

3. Welches sind die Stromstärken in den beiden Zweigen CB und CFE?

1. Die Stromstärke in der mit DE nicht in Berührung befindlichen Leitung AB würde sein:

$$S = \frac{50}{300 + 600} = \frac{50}{900} = \frac{1}{18} = 0{,}055.$$

2. Die Gesammtstromstärke während der Berührung ist gleich der elektromotorischen Kraft der Batterie, dividirt durch den Widerstand derselben, vermehrt um den Widerstand des ungetheilten Leiters AC und den combinirten Widerstand der beiden Zweige CB und CFE.

Bezeichnen wir AC mit r, CB mit l und CFE mit l_1, dann ist:

$$S = \frac{E}{W + r + \frac{l l_1}{l + l_1}}$$

$$S = \frac{50}{50.6 + 100 + \frac{500 \,.\, 400}{500 + 400}}$$

$$S = \frac{50\,(500 + 400)}{(50.6 + 100)\,(500 + 400) + 500.400} = \frac{45}{560} = 0{,}080.$$

3. Die Stromstärke im Zweige CB sei s und die im Zweige CFE sei s_1, so ist:

$$s + s_1 = S$$
$$s_1 = S - s$$
$$s : s_1 = l_1 : l$$
$$s_1 = \frac{l s}{l_1}$$

Setzen wir die beiden Werthe für s_1 einander gleich:

$$S - s = \frac{l s}{l_1}$$
$$l_1 S - l_1 s = l s$$
$$l_1 S = (l + l_1)\, s$$
$$s = \frac{l_1 S}{l + l_1}$$

$$s = \frac{l_1 S}{l + l_1} = \frac{400 \cdot 0{,}080}{500 + 400} = 0{,}0355$$

$$s_1 = \frac{l s}{l_1} = \frac{500 \cdot 0{,}0355}{400} = 0{,}0445$$

$$S = s + s_1 = 0{,}0800$$

Theilt sich der Schliessungsbogen einer Batterie B (siehe Fig. 47) zwischen den beiden Punkten a und b in drei Zweige, deren auf eine Maasseinheit reducirte Widerstände durch l, l_1 und l_2 auszudrücken sind, dann finden wir den combinirten Widerstand L, welchen diese drei Zweige dem Strome entgegensetzen, auf folgende Weise:

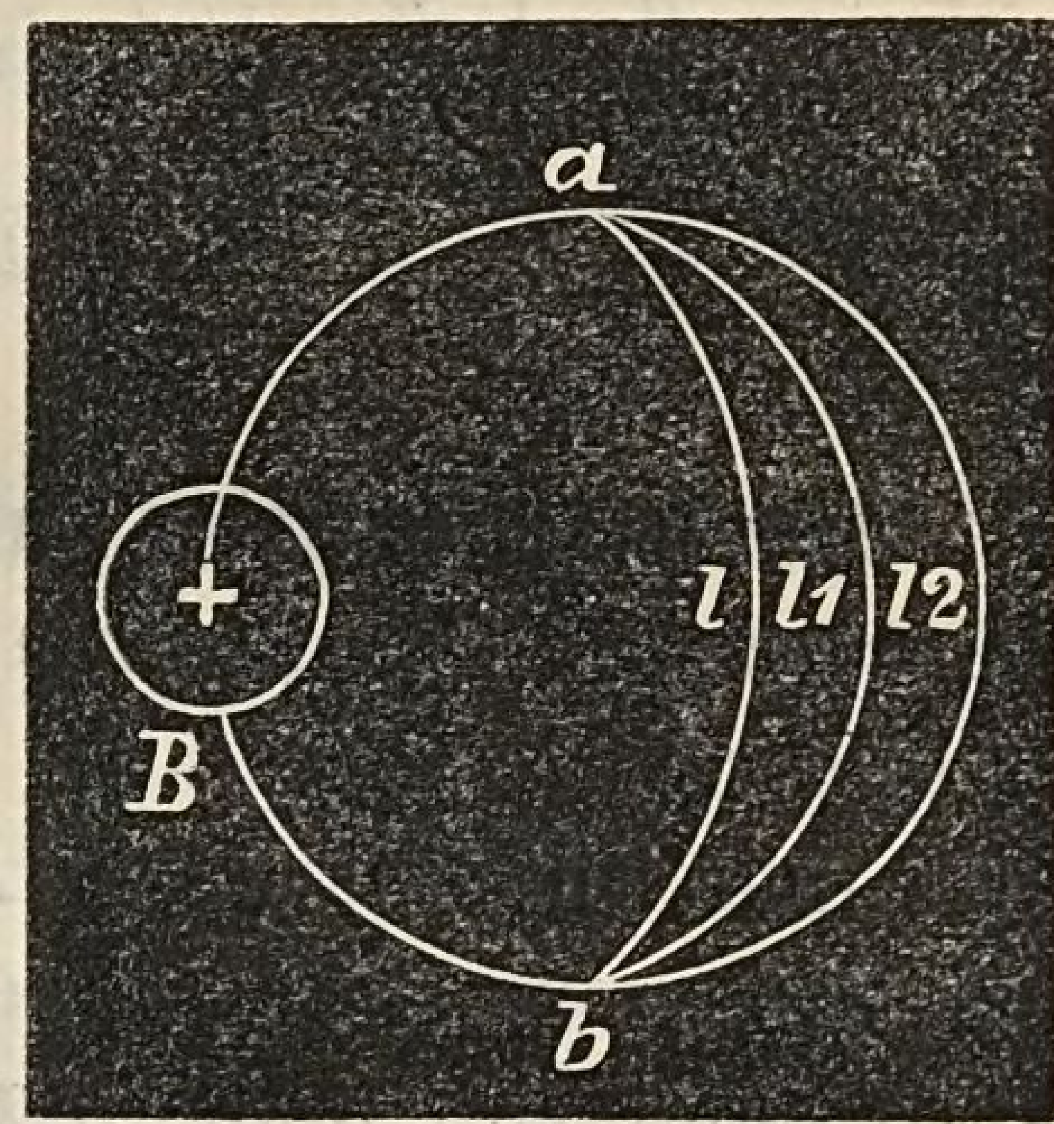


Fig. 47.

Die Summe der Stromstärken in den Zweigen l und l_1 verhält sich zu der Stärke des Theilstromes im Zweige l_2 wie der Widerstand des letzteren zum combinirten Widerstande der ersten beiden Zweige:

$$s + s_1 : s_2 = l_2 : \frac{l l_1}{l + l_1}$$

$$s + s_1 = \frac{(l + l_1)\, l_2\, s_2}{l l_1}$$

Dis Gesammtstromstärke im ungetheilten Leiter ist gleich der Summe der Stromstärken in den einzelnen Zweigen:

$$S = s + s_1 + s_2$$

$$S = \frac{(l + l_1)\, l_2\, s_2}{l l_1} + s_2$$

$$S = \frac{l l_2\, s_2 + l_1\, l_2\, s_2 + l l_1\, s_2}{l l_1}$$

$$S = \frac{(l l_1 + l l_2 + l_1\, l_2)\, s_2}{l l_1}$$

$$S : s_2 = l_2 : L$$

$$S = \frac{l_2\, s_2}{L}$$

$$\frac{l_2\, s_2}{L} = \frac{(l l_1 + l l_2 + l_1\, l_2)\, s_2}{l l_1}$$

$$L = \frac{l l_1\, l_2}{l l_1 + l l_2 + l_1\, l_2}$$

$$S = \frac{E}{W + \frac{ll_1\, l_2}{ll_1 + ll_2 + l_1\, l_2}} = \frac{(ll_1 + ll_2 + l_1\, l_2)\, E}{W\,(ll_1 + ll_2 + l_1\, l_2) + ll_1\, l_2}$$

$$s : S = \frac{ll_1\, l_2}{ll_1 + ll_2 + l_1\, l_2} : l$$

$$s = \frac{l_1\, l_2\, S}{ll_1 + ll_2 + l_1\, l_2} = \frac{l_1\, l_2\, E}{W(ll_1 + ll_2 + l_1\, l_2) + ll_1\, l_2}$$

$$s_1 = \frac{ll_2\, S}{ll_1 + ll_2 + l_1\, l_2} = \frac{ll_2\, E}{W(ll_1 + ll_2 + l_1\, l_2) + ll_1\, l_2}$$

$$s_2 = \frac{ll_1\, S}{ll_1 + ll_2 + l_1\, l_2} = \frac{ll_1\, E}{W\,(ll_1 + ll_2 + l_1\, l_2) + ll_1\, l_2}$$

Gemeinschaftliche Batterien. — In den ersten Zeiten der elektrischen Telegraphie stellte man für jede Leitung eine besondere Batterie auf. Später wies Petrina in Prag nach, dass man für mehrere Leitungen sehr gut eine gemeinsame Batterie anwenden könne.

Gehen von dem in Fig. 48 skizzirten Amte drei Leitungen von den Widerständen l, l_1 und l_2 aus, für welche eine ge-

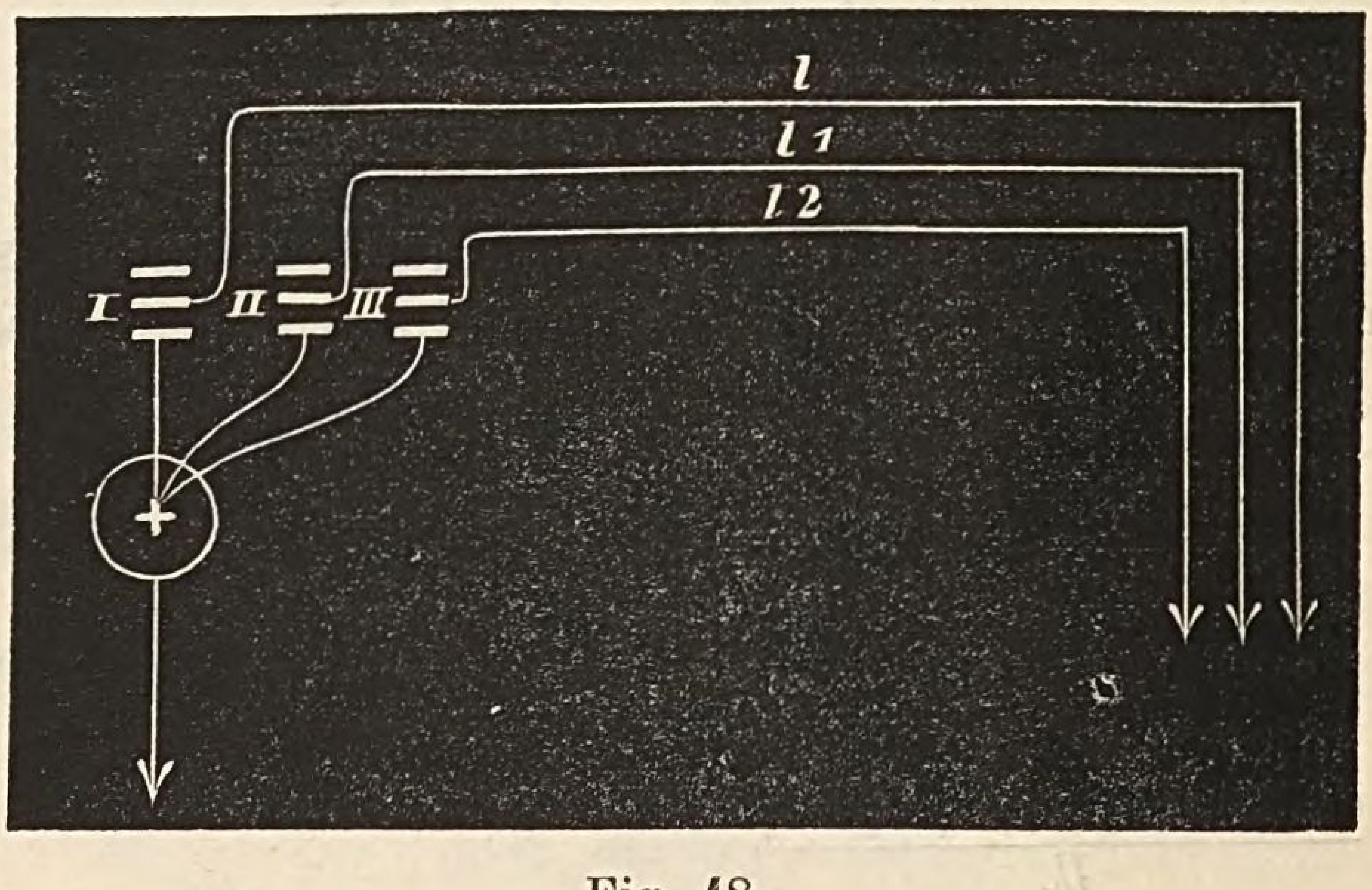


Fig. 48.

meinschaftliche Batterie aufgestellt ist, deren wesentlicher Widerstand gegenüber dem der Leitungen verschwindend klein, also $= 0$ angenommen werden soll, so hat, wenn Taste I allein gedrückt wird, der in Leitung l circulirende Strom eine Stärke:

$$s = \frac{E}{l}$$

Wird Taste II allein gedrückt, so ist die Stromstärke in Leitung l_1

$$s_1 = \frac{E}{l_1}$$

Wird endlich die Batterie nur durch die Leitung l_2 geschlossen, so durchfliesst die letztere ein Strom von der Stärke:

$$s_2 = \frac{E}{l_2}$$

Drückt man gleichzeitig die Tasten I und II, so ist nach früheren Auseinandersetzungen zunächst die Gesammtstromstärke:

$$S = \frac{E\,(l + l_1)}{l\,l_1}$$

die Stromstärke in jedem der Zweige l und l_1:

$$s = \frac{l_1\,S}{l + l_1} = \frac{(l + l_1)\,l_1\,E}{l l_1\,(l + l_1)} = \frac{E}{l}$$

$$s_1 = \frac{l\,S}{l + l_1} = \frac{(l + l_1)\,l\,E}{l l_1\,(l + l_1)} = \frac{E}{l_1}$$

Wird in alle drei Leitungen gleichzeitig Strom geschickt, so ist die Gesammtstromstärke:

$$S = \frac{(l l_1 + l l_2 + l_1\,l_2)\,E}{l l_1\,l_2}$$

die Stromstärke im Zweige l:

$$s = \frac{l_1\,l_2\,S}{l l_1 + l l_2 + l_1\,l_2}$$

$$s = \frac{(l l_1 + l l_2 + l_1\,l_2)\,l_1\,l_2\,E}{l l_1\,l_2\,(l l_1 + l l_2 + l_1\,l_2)} = \frac{E}{l}$$

die Stromstärke im Zweige l_1:

$$s_1 = \frac{l l_2\,S}{l l_1 + l l_2 + l_1\,l_2}$$

$$s_1 = \frac{(l l_1 + l l_2 + l_1\,l_2)\,l l_2\,E}{l l_1\,l_2\,(l l_1 + l l_2 + l_1\,l_2)} = \frac{E}{l_1}$$

die Stromstärke im Zweige l_2:

$$s_2 = \frac{l l_1\,S}{l l_1 + l l_2 + l_1\,l_2}$$

$$s_2 = \frac{(l l_1 + l l_2 + l_1\,l_2)\,l l_1\,E}{l l_1\,l_2\,(l l_1 + l l_2 + l_1\,l_2)} = \frac{E}{l_2}$$

Wenn also der Batteriewiderstand dem Gesammtwiderstande (combinirten Widerstande) der Leitungen gegenüber vernachlässigt werden kann, so sind auch dann, wenn in mehrere Leitungen gleichzeitig Strom geschickt wird, die Stromstärken in den einzelnen Leitungen dieselben, als ob die Batterie jede Leitung allein mit Strom versehen hätte.

In Wirklichkeit ist indessen der Batteriewiderstand eine nicht zu vernachlässigende Grösse.

Wir wollen, indem wir jetzt den wesentlichen Widerstand W mit in Anrechnung bringen, der Kürze halber die verschiedenen Stromstärken nur in ein und derselben Leitung mit einander vergleichen:

Dieselbe ist für die Leitung l:

I. Wenn dieselbe die Batterie allein schliesst:

$$s = \frac{E}{W + l}.$$

II. Wenn Taste I und II gedrückt werden:

$$s = \frac{l_1 \; E}{W (l + l_1) + l l_1}.$$

III. Wenn Taste I und III gedrückt werden:

$$s = \frac{l_2 \; E}{W (l + l_2) + l l_2}.$$

IV. Wenn alle drei Tasten gleichzeitig gedrückt werden:

$$s = \frac{l_1 \; l_2 \; E}{W (l l_1 + l l_2 + l_1 \, l_2) + l l_1 \, l_2}.$$

Angenommen: $l = 5000$
$l_1 = 4000$
$l_2 = 1000$
$W = 100$

I. $s = \frac{E}{5100}$

II. $s = \frac{4000 \; E}{100 \, (5000 + 4000) + 5000 \, . \, 4000} = \frac{E}{5225}$

III. $s = \frac{1000 \; E}{100 \, (5000 + 1000) + 5000 \, . \, 1000} = \frac{E}{5600}$

IV. $s = \frac{4000 \, . \, 1000 \; E}{100 \, (5000 . 4000 + 5000 . 1000 + 4000 . 1000) + 5000 . 4000 . 1000}$

$s = \frac{E}{5725}.$

Die Stärke des Stromes in einer Leitung ändert sich demnach bei gemeinschaftlicher Batterie, wenn der Widerstand der letzteren in Anrechnung gebracht werden muss, in den verschiedenen Stadien des Arbeitens um so mehr:

1. je grösser der wesentliche Widerstand im Verhältnisse zum ausserwesentlichen ist;

2. je mehr die eine Batterie gleichzeitig schliessenden Leiter in den Widerständen verschieden sind;

3. je mehr Leitungen von der Batterie gleichzeitig mit Strom versehen werden.

Den wesentlichen Widerstand durch Nebeneinanderschaltung der Elemente zu vermindern, ist für Leitungen von sehr bedeutendem Widerstande aus ökonomischen Rücksichten nicht zu empfehlen.

Beispiel:

Eine Batterie von 60 hintereinander geschalteten Elementen liefert ausreichenden Strom für eine Leitung von 2000 *S. E.* Widerstand. Diese Batterie soll durch eine doppelplattige ersetzt werden.

$$S_{60} = \frac{60e}{60w + 2000}.$$

Durch wie viel doppelplattige Elemente ist dieselbe Stromstärke erreichbar?

Die Formel für die Stromstärke der doppelplattigen Batterie, in welcher als unbekannte Grösse die Anzahl der hintereinander zu schaltenden Elemente mit x bezeichnet werden muss, ist:

$$^2Sx = \frac{xe}{\frac{xw}{2} + 2000}.$$

Setzen wir die beiden Werthe für S einander gleich:

$$\frac{60e}{60\,w + 2000} = \frac{xe}{\frac{xw}{2} + 2000}.$$

Angenommen, der Widerstand eines Elementes $w = 6$ *S. E.*, so ist:

$$\frac{60}{360 + 2000} = \frac{x}{3x + 2000}$$
$$60\,(3x + 2000) = x\,(360 + 2000)$$
$$180x + 120000 = 360x + 2000x$$
$$120000 = (2360 - 180)x$$
$$120000 = 2180x$$
$$x = \frac{120000}{2180} = 55.$$

Es müssten also 110 einzelne Elemente zu 55 doppelplattigen verbunden werden, um für den gegebenen Leitungswiderstand von 2000 *S. E.* die Stromstärke der 60 hintereinander geschalteten Elemente zu erreichen.

Statt den Stromschwankungen bei gemeinschaftlichen Batterien durch Verminderung des wesentlichen Widerstandes zu begegnen, zieht man vor, von der grossen Batterie kleinere im Verhältniss zu den geringeren Widerständen kürzerer Leitungen abzuzweigen.

Auszurechnen, wie viel Elemente abzuzweigen sind, um in den kürzeren Leitungen Ströme derselben Stärke, wie in den längeren, mit dem Endpole der Batterie verbundenen Leitungen, circuliren zu lassen, ist mit Hilfe des Ohm'schen Gesetzes sehr umständlich. Wir behandeln später derartige Fälle nach den Kirchhoff'schen Gesetzen.

Da bei den Abzweigungen kleinerer Batterien von einer grossen der Material-Verbrauch ein sehr ungleicher ist, würde man vortheilhafter durch Einschaltung künstlicher Widerstände in die kürzeren Leitungen eine Ausgleichung der Leitungswiderstände bewirken, wenn nicht dadurch das Apparatsystem wieder um einen Apparat (den künstlichen Widerstand) vermehrt würde. Abgesehen von ökonomischen Rücksichten spricht gegen eine derartige Vermehrung der schwer wiegende technische Grund, dass, je complicirter ein System ist, desto mehr Störungsquellen in ihm sind, und dass desto schwerer sich eintretende Fehler herausfinden lassen. Man bleibt deshalb entweder bei jener Batterieabzweigung, oder man stellt mehrere gemeinschaftliche Batterien auf, von denen die einen längere, die anderen kürzere Leitungen innerhalb bestimmter Widerstandsgrenzen mit Strom zu versehen haben.

Für Ruhestromleitungen hat die Anwendung gemeinschaftlicher Batterien manches Bedenkliche, einerseits deshalb,

weil gerade in diesen Leitungen wegen der grösseren Anzahl der in ihnen liegenden Anstalten und in Folge der bei letzteren häufig — oft vorschriftswidriger Weise — vorgenommenen Umschaltungen die Widerstände sich ändern und weil andererseits ein Fehler in einer derartigen gemeinschaftlichen Batterie mehrere Leitungen und eine grössere Anzahl von Telegraphenanstalten gleichzeitig ausser Betrieb setzt.

Von Arbeitsstromleitungen tritt mit der Batterie nur immer diejenige in Verbindung, in welche ein telegraphisches Signal zu geben ist, dagegen stehen die zu einer gemeinschaftlichen Batterie gehörenden Ruhestromleitungen mit derselben fortwährend in Verbindung. (Unterbrechungen treten nur für die Leitungen ein, in welchen gearbeitet wird.) Denken wir uns nun den Fall, dass der Erddraht des mit den Leitungen L_1 L_2 L_3 (Fig. 49) nicht verbundenen Batteriepols unterbrochen oder dass zwischen zwei Elementen der gemeinschaftlichen Batterie eine Verbindung gelöst sei, so leiden unter dieser Störung sämmtliche drei Leitungen. Die Batterie B ist vollständig wirkungslos und der Pol, an welchem die Leitungen liegen, bildet eine Berührungsstelle für drei Ruhestromleitungen an gleichen Batteriepolen.

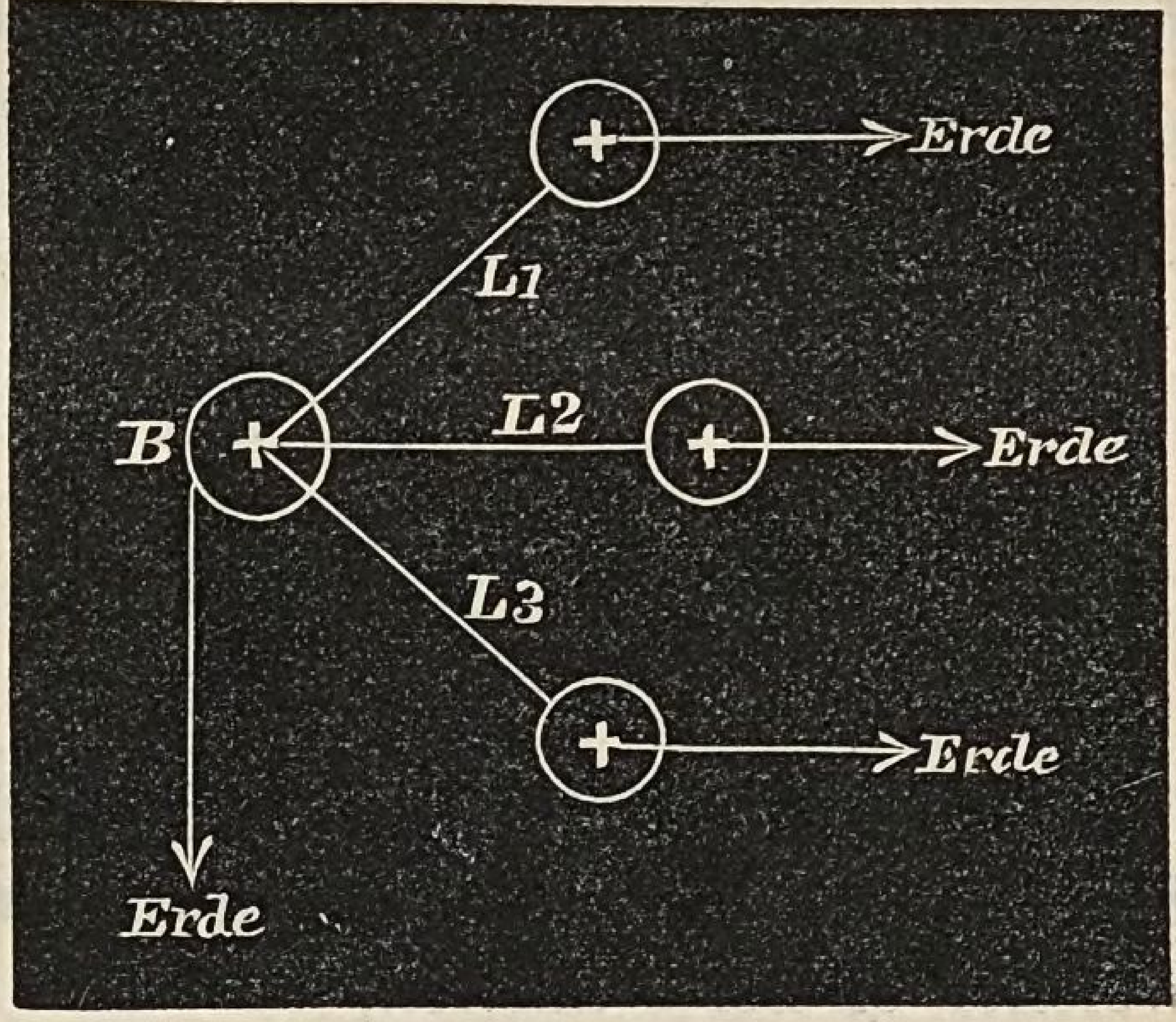


Fig. 49.

Verringerung des ausserwesentlichen Widerstandes. — Sowie die Nebenschaltung von Elementen ein Mittel bietet, den inneren Widerstand (Batteriewiderstand) zu verringern, so lässt sich in ähnlicher Weise durch Nebeneinanderschaltung der Elektromagnetspiralen oder Multiplicatorrollen an den mit solchen versehenen Apparaten der ausserwesentliche Widerstand vermindern.

In Fig. 50 liegen die vier Enden der Elektromagnetspiralen eines Morseapparates an den Schienen eines Umschalters,

welcher es ermöglicht, jene nach Bedürfniss hinter- oder nebeneinander (parallel) zu schalten.

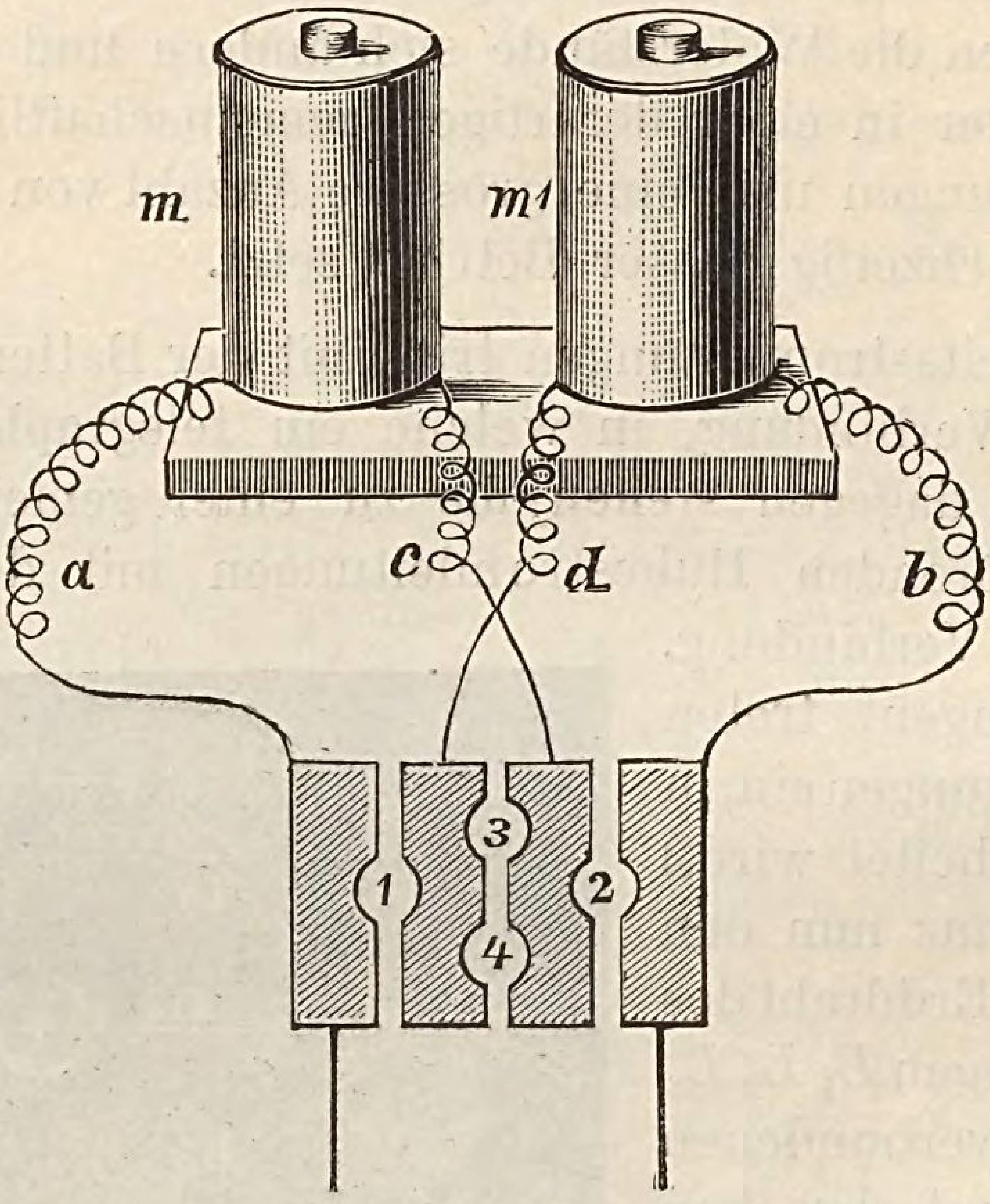


Fig. 50.

Ist Loch 3 gestöpselt, so durchfliesst der bei *a* eintretende Strom erst sämmtliche Umwindungen der Spirale *m*, aus welcher er bei *c* austritt, um über *d* durch die Umwindungen der zweiten Spirale m_1 zur Erde oder zum anderen Batteriepole zu gelangen.

(Loch 4 dient nur zur Aufnahme des zweiten, für die andere Combination mit nothwendigen Stöpsels.)

Stöpselt man die Löcher 1 und 2, so tritt ein aus der Zuleitung links kommender Strom durch *a* in die Spirale *m* und durch *d* in die Spirale m_1, durchfliesst beide Spiralen gleichzeitig und gelangt durch *c* und *b* zum Ableitungsdraht an der äussersten Umschalterschiene rechts.

Der Umwindungsdraht, welcher bei der gewöhnlichen Schaltung in seiner ganzen Länge, in welcher er auf beide Kerne aufgewickelt ist, vom Strome durchflossen wird, nimmt letzteren jetzt in seiner Mitte auf, von wo aus derselbe sich in die beiden halben Drähte verzweigt. Der Widerstand ist, da

1. der Leiter halb so lang, als bei Hintereinanderschaltung der Spiralen ist,

2. beide Zweige als ein Draht von doppelter Dicke betrachtet werden können,

auf ein Viertel des Widerstandes des ganzen Umwindungsdrahtes für beide Spiralen reducirt.

Wie wir früher gesehen haben, gewährt die Verringerung des wesentlichen Widerstandes durch Nebeneinanderschaltung der Elemente nur innerhalb bestimmter Grenzen Vortheil. Dasselbe gilt auch für die Verringerung des ausserwesentlichen Widerstandes durch die Parallelschaltung von Elektromagnet-Spiralen.

Nehmen wir an, dass n Elemente nach Ueberwindung eines Leitungswiderstandes L und eines Spiralwiderstandes M ihren Strom zur Erde senden, dann ist bei Hintereinanderschaltung der Elektromagnet-Umwindungen:

$$S_1 = \frac{ne}{nw + L + M};$$

bei Parallelschaltung:

$$S_2 = \frac{ne}{nw + L + \frac{M}{4}}.$$

$$S_2 > S_1.$$

Die Gesammtstromstärke S_2 vertheilt sich aber so, dass nur die Hälfte derselben auf je einen Schenkel magnetisirend wirkt. Soll deshalb durch die Parallelschaltung magnetisirende Kraft gewonnen werden, so muss

$$\frac{S_2}{2} > S_1 \text{ oder}$$

$$S_2 > 2\,S_1 \text{ sein.}$$

Wir wollen zunächst untersuchen, wie gross $nw + L$, also der Widerstand ausserhalb der Spiralen sein muss, wenn

$$S_2 = 2\,S_1$$

$$\text{oder: } \frac{ne}{nw + L + \frac{M}{4}} = \frac{2\,ne}{nw + L + M}.$$

Um das Rechnen zu erleichtern, setzen wir

$$nw + L = x.$$

Aus $\frac{ne}{x + \frac{M}{4}} = \frac{2\,ne}{x + M}$ folgt nun, da ne sich auf beiden Seiten der Gleichung hebt:

$$2x + \frac{M}{2} = x + M$$
$$4x + M = 2x + 2M$$
$$2x = M$$
$$x = \frac{M}{2}.$$

Es wird hiernach, sowohl durch parallel geschaltete, als durch hintereinander geschaltete Spiralen gleiche magnetisirende Wirkung des Stromes dann erreicht, wenn der Widerstand ausserhalb der Spiralen (d. h. Leitungs- und Batteriewiderstand) die Hälfte des Widerstandes des gesammten Umwindungsdrahtes beträgt, oder umgekehrt, wenn der Widerstand der hintereinanander geschalteten Spiralen doppelt so gross als der übrige Widerstand ist.

Setzen wir nun, um zu sehen, nach welcher Seite wir diese Grenze der Gleichheit zu Gunsten der Parallelschaltung überschreiten dürfen:

$$M = 2x + 1,$$

dann ist bei Hintereinanderschaltung der Umwindungen:

$$S_1 = \frac{ne}{x + 2x + 1} = \frac{ne}{3x + 1};$$

bei Parallelschaltung:

$$S_2 = \frac{ne}{x + \frac{2x + 1}{4}} = \frac{4\,ne}{6x + 1}$$

$$\frac{S_2}{2} = \frac{2\,ne}{6x + 1} = \frac{ne}{3x + 1/2};$$

da nun

$$\frac{ne}{3x + 1/2} > \frac{ne}{3x + 1},$$

welchen letzteren Werth wir bei der Hintereinanderschaltung für S_1 erhielten, so ist:

$$\frac{S_2}{2} > S_1;$$

d. h. durch Parallelschaltung wird mehr, als durch Hintereinanderschaltung erzielt, sobald der Gesammtwiderstand des Umwindungsdrahtes das Doppelte des übrigen Widerstandes überschreitet.

Nehmen wir dagegen an:

$$M = 2x - 1,$$

dann ist bei Hintereinanderschaltung:

$$S_1 = \frac{ne}{x + 2x - 1} = \frac{ne}{3x - 1};$$

bei Parallelschaltung:

$$S_2 = \frac{ne}{x + \frac{2x - 1}{4}} = \frac{4\,ne}{6x - 1}$$

$$\frac{S_2}{2} = \frac{2\,ne}{6x - 1} = \frac{ne}{3x - \frac{1}{2}}$$

$$\frac{ne}{3x - \frac{1}{2}} < \frac{ne}{3x - 1}$$

$$\frac{S_2}{2} < S_1,$$

d. h. durch Hintereinanderschaltung wird mehr, als durch Parallelschaltung erreicht, sobald der Gesammtwiderstand der Umwindungen dem Doppelten des übrigen Widerstandes nicht gleichkommt.*

Kirchhoff'sche Gesetze. — Wenn es auch mit Hilfe des Ohm'schen Gesetzes möglich sein wird, bei Stromverzweigungen jeder Art die Stromstärken in den einzelnen Zweigen zu bestimmen, so ist doch in weniger einfachen Fällen die Rechnung mit demselben oft schwer und langwierig.

Folgende zwei von Kirchhoff aufgestellten wichtigen Sätze erleichtern die Lösung jeder auf die Stromverzweigung Bezug habenden Aufgabe:

1. Die Summe der Stromstärken in allen denjenigen Drähten, welche in einem Punkte zusammenstossen, ist gleich Null.**

* In der Praxis hat sich der Vortheil der Nebeneinanderschaltung der Elektromagnetrollen an Farbschreibern zu unbedeutend erwiesen, um die dauernde Einführung derselben als zweckmässig bezeichnen zu können. Die Deutsche Reichs-Telegraphen-Verwaltung, welche jene Schaltung einige Jahre für den Ruhestrombetrieb anwenden liess, hat dieselbe für beregten Zweck jetzt aufgegeben.

** Pogg. Ann. 64 S. 513.

oder: Die Summe aller zu einem Knotenpunkte hinfliessenden Ströme ist gleich der Summe aller von diesem Punkte abfliessenden Ströme.

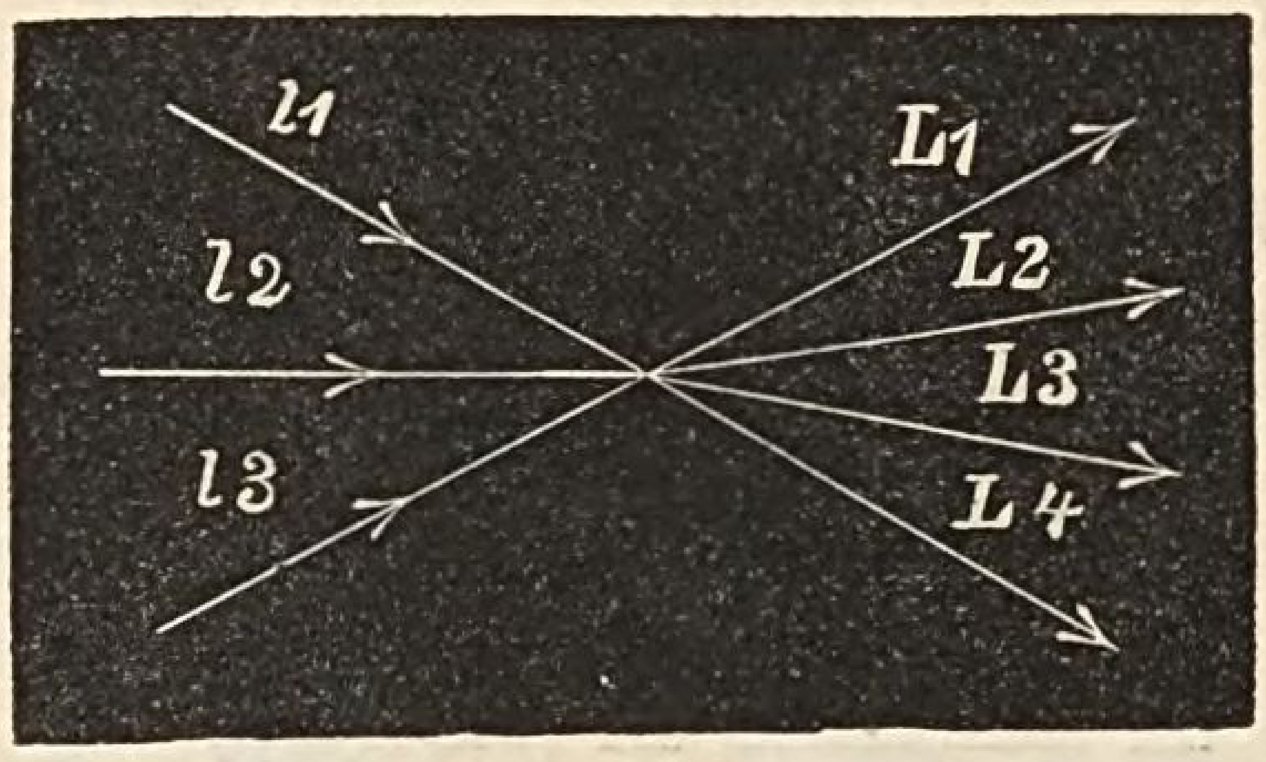


Fig. 51.

Beispiel (s. Fig. 51):

$$S_1 + S_2 + S_3 - J_1 - J_2 - J_3 - J_4 = 0$$

oder: $$S_1 + S_2 + S_3 = J_1 + J_2 + J_3 + J_4$$

(S_1, S_2, S_3 bedeuten die Stromstärken in den Zweigen l_1, l_2, l_3 und J_1, J_2, J_3, J_4 die in den Zweigen L_1, L_2, L_3, L_4.)

2. In allen denjenigen Drähten, welche eine geschlossene Figur bilden, ist die Summe aller Produkte aus den Stromstärken jeder Strecke und dem Widerstande derselben gleich der Summe aller elektromotorischen Kräfte auf diesem Wege.*

* Wenn z. B. drei Leiter, an deren Verbindungspunkten die elektromotorischen Kräfte E, E_1 und E_2 wirksam sind, eine geschlossene Figur bilden, so ist die Intensität des zwischen zwei Punkten fliessenden Stromes direct proportional der Spannungsdifferenz jener elektrisch erregten Punkte und indirect proportional dem Widerstande des bezüglichen Leiters. Bezeichnet man die Widerstände der Leiter mit a, b und c und die in denselben sich ausgleichenden Spannungsdifferenzen mit D, D_1 und D_2, so ist:

$$S = \frac{D}{a};\ aS = D$$

$$S_1 = \frac{D_1}{b};\ bS_1 = D_1$$

$$S_2 = \frac{D_2}{c};\ cS_2 = D_2.$$

Die Summe der Spannungsdifferenzen ist nun gleich der Summe der elektromotorischen Kräfte, daher:

$$aS + bS_1 + cS_2 = E + E_1 + E_2.$$

Bosscha hat die Kirchhoff'schen Gesetze durch einige Zusätze (bezw. Folgerungen aus jenen) ergänzt, welche die Rechnung oft wesentlich erleichtern:

1. Ist in einem System von linearen Leitern, welches beliebige elektromotorische Kräfte enthält, in einem derselben die Intensität des Stromes Null, so kann man ihn und die etwa darin befindliche elektromotorische Kraft ohne Aenderung der Intensität der Ströme in den übrigen Leitern fortnehmen.
2. Ist in jenem Leiter zugleich keine elektromotorische Kraft enthalten, so kann man auch seine Endpunkte *m* und *n* direct mit einander verbinden. Ist eine elektromotorische Kraft in ihm vorhanden, so muss man hierbei eine ihr gleiche und gleichgerichtete Kraft in allen in *m* oder in *n* endigenden Leitern anbringen.
3. Befinden sich in einem System von linearen Leitern zwei Leiter *a* und *b*, und erzeugt eine in *a* befindliche elektromotorische Kraft in *b* keinen Strom, so kann man, ohne die Intensität in *b* zu ändern, den Leiter *a*, und ebenso, ohne die Intensität in *a* zu ändern, den Leiter *b* durchschneiden. Auch kann man die Endpunkte des durchschnittenen Leiters direct verbinden.

Die Anwendung der Kirchhoff'schen Gesetze soll durch Lösung der drei folgenden Aufgaben erläutert werden:

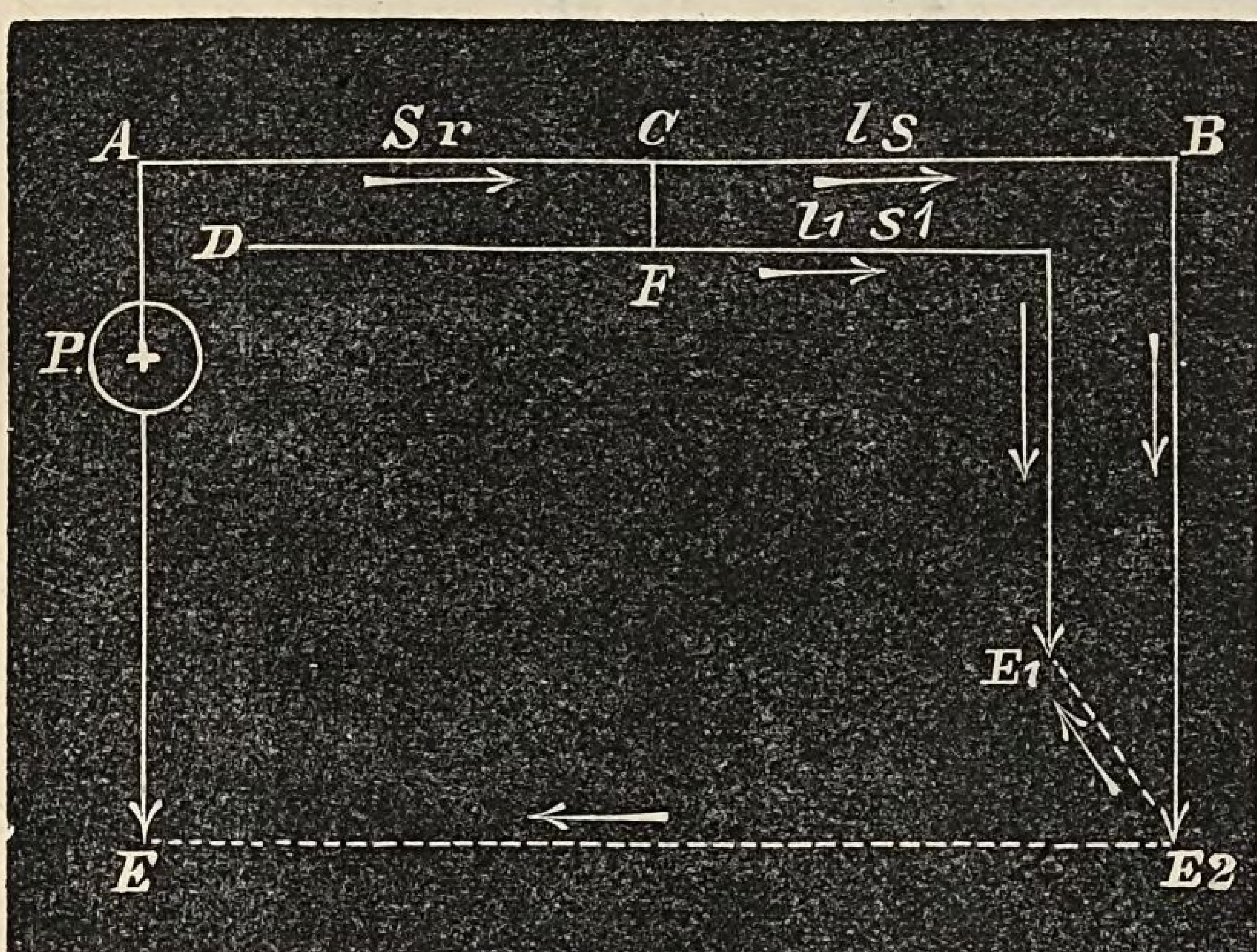


Fig. 52.

Aufgabe 1:

Eine Batterie von dem Widerstande *W* und der elektro-

motorischen Kraft E sendet Strom in die Leitung AB (siehe Fig. 52).

Letztere sei bei C mit Leitung DE_1 in Berührung. (Ltg. DE_1 ist bei D isolirt, bei E_1 jedoch zur Erde geführt.) Der Widerstand des Leitungstheiles AC betrage r S. E., der von CB betrage l S. E. und der des Zweiges CFE_1 betrage l_1 S. E. Der Widerstand der Erdleitungen sei gleich 0.

1. Welches ist die Stromstärke im ungetheilten Leiter AC?
2. Wie stark sind die Ströme in den Zweigen CB und CFE_1?

Bezeichnen wir die Stromstärke in AC mit S, in CB mit s und in CFE_1 mit s_1, so ist nach dem ersten Kirchhoff'schen Satze:

$$\text{I.} \quad S = s + s_1.$$

Denken wir uns die Erde als Rückleiter des Stromes, so liegen r und l in der geschlossenen Figur $EPABE_2$ und r und l_1 in der geschlossenen Figur $PACFE_1E$. Nach dem zweiten Satze ist daher:

$$\text{II.} \quad E = (W + r)\, S + l s \text{ und}$$

$$\text{III.} \quad E = (W + r)\, S + l_1\, s_1$$

$$\text{Aus II.} \quad s = \frac{E - (W + r)\, S}{l}$$

$$\text{Aus III.} \quad s_1 = \frac{E - (W + r)\, S}{l_1}$$

Setzen wir diese Werthe für s und s_1 in Gleichung I:

$$S = \frac{E - (W + r)\, S}{l} + \frac{E - (W + r)\, S}{l_1}$$

$$S = \frac{E}{\dfrac{l l_1}{l + l_1} + W + r} = \frac{(l + l_1)\, E}{l l_1 + (W + r)(l + l_1)}$$

$$s = \frac{E - (W + r)\, S}{l} = \frac{l_1\, E}{l l_1 + (W + r)(l + l_1)}$$

$$s_1 = \frac{E - (W + r)\, S}{l_1} = \frac{l\, E}{l l_1 + (W + r)(l + l_1)}.$$

Aufgabe 2:

Eine Batterie von n Elementen liefert ausreichenden Strom für eine Leitung von L S. E. Widerstand. Wie viel Elemente sind für eine zweite Leitung von l S. E. abzuzweigen, damit

bei gleichzeitigem Schliessen der Leitungen in beiden Ströme von gleicher Stärke circuliren?

Bezeichnen wir die Anzahl der abzuzweigenden Elemente mit x, den Widerstand eines Elementes mit w, die elektromotorische Kraft eines Elementes mit e, die Stromstärke in den Leitungen L und l mit S, so ist (Fig. 53):

$$\text{I.}\quad J = S + S = 2\,S$$

(J bezeichnet die Stromstärke innerhalb der x Elemente, d. h. in dem zwischen Erdleitung und Abzweigung liegenden Batterietheile.)

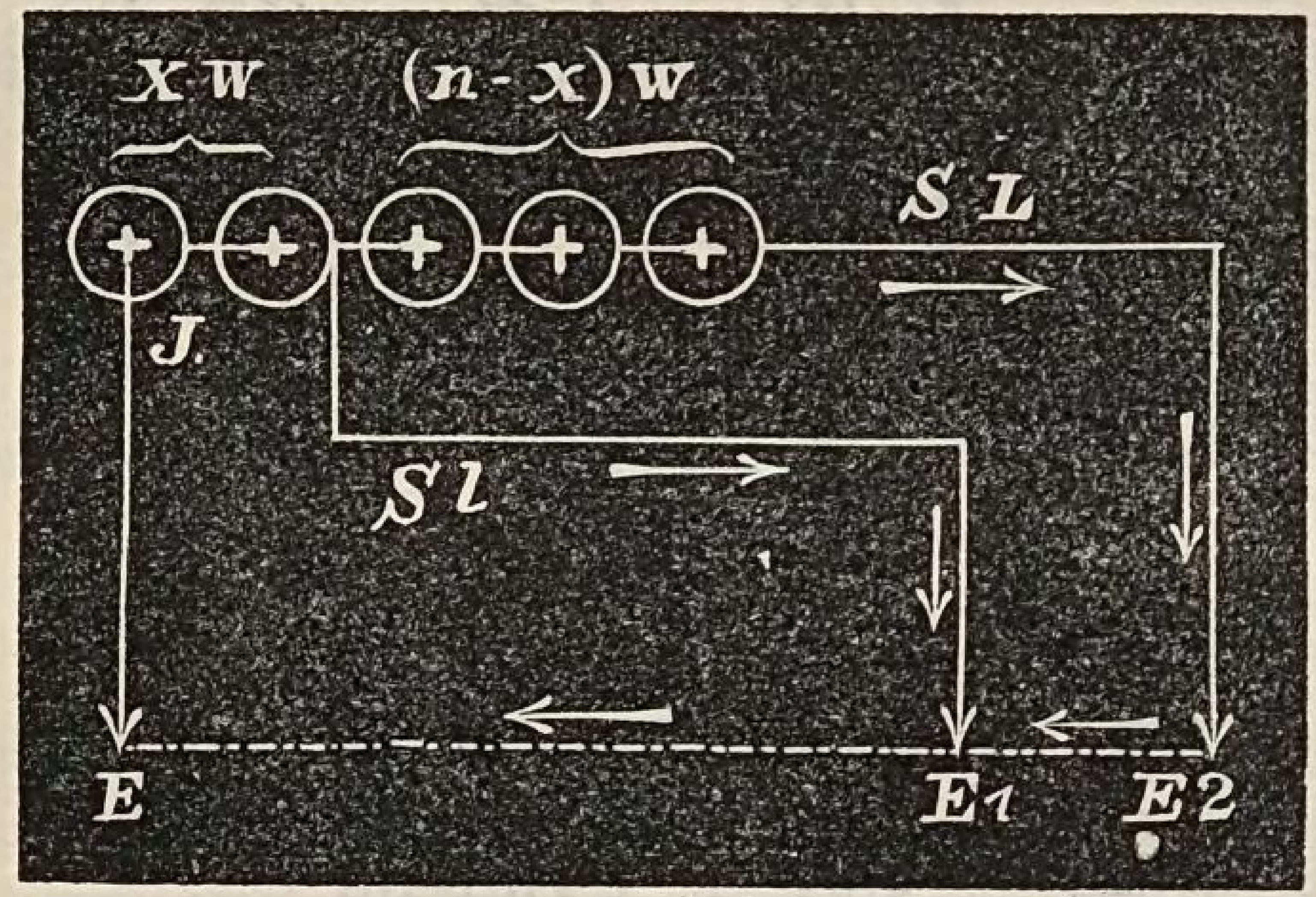


Fig. 53.

II. In der geschlossenen Figur $EJlE_1$ ist:

$$xwJ + lS = xe$$

und da

$$J = 2\,S:$$

$$S\,(2\,xw + l) = xe$$

$$S = \frac{xe}{2\,xw + 1}$$

III. In der geschlossenen Figur $E_1 l L E_2$ ist:

$$[(n - x)\,w + L]\,S - l\,S = (n - x)\,e$$

$$(nw - xw + L - l)\,S = (n - x)\,e$$

$$S = \frac{(n - x)\,e}{w\,(n - x) + L - l}.$$

Setzen wir die beiden Werthe von S einander gleich:

$$\frac{xe}{2\,xw + l} = \frac{(n - x)\,e}{w\,(n - x) + L - l}$$

$$x^2\,w + x\,L = n\,x\,w + n\,l$$

$$x^2\,w + x\,(L - n\,w) = n\,l$$

$$x^2 + x\,\frac{L - n\,w}{w} = \frac{nl}{w}.$$

Um die gemischt quadratische Gleichung aufzulösen, ist zu beiden Seiten der Gleichung $\left(\frac{L - nw}{2w}\right)^2$ zu addiren; dann ist:

$$x^2 + x\,\frac{L - nw}{w} + \left(\frac{L - nw}{2w}\right)^2 = \frac{nl}{w} + \left(\frac{L - nw}{2w}\right)^2$$

$$x^2 + x\,\frac{L - nw}{w} + \left(\frac{L - nw}{2w}\right)^2 = \left(x + \frac{L - nw}{2w}\right)^2$$

$$\left(x + \frac{L - nw}{2w}\right)^2 = \frac{nl}{w} + \left(\frac{L - nw}{2w}\right)^2$$

$$x + \frac{L - nw}{2w} = \sqrt{\frac{nl}{w} + \left(\frac{L - nw}{2w}\right)^2}$$

$$x = -\frac{L - nw}{2w} \pm \sqrt{\frac{nl}{w} + \left(\frac{L - nw}{2w}\right)^2}$$

Angenommen: $n = 100$
$L = 4000$ *S. E.*
$l = 2000$ *S. E.*
$w = 5$ *S. E.*

$$x = -350 + \sqrt{350^2 + 40000}$$

$$x = -350 + \sqrt{162500}$$

$$x = 403{,}11 - 350 = 53{,}11.$$

Es werden also von den 100 Elementen für die kürzere Leitung 53 (bezw. 60)* Elemente abzuzweigen sein.

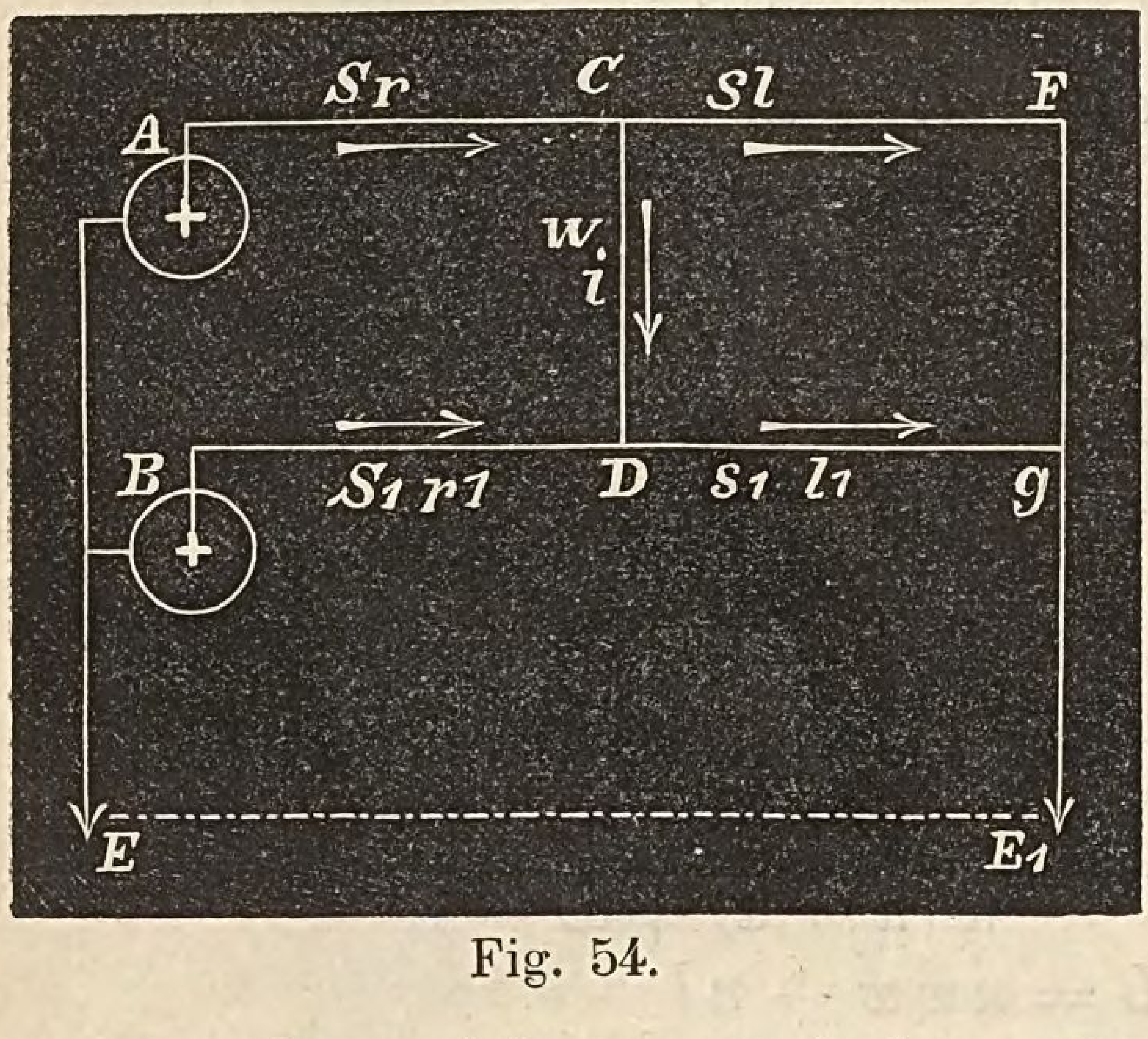


Fig. 54.

Aufgabe 3: Die beiden Ruhestromleitungen AF und BG berühren sich.

Unter welchen Bedingungen findet bei geschlossenen Leitungen kein Stromesübergang statt, d. h. in welchem Verhältnisse müssen die gegebenen Widerstände der Leitungstheile und die als bekannt vorauszusetzenden elektromotorischen Kräfte zu einander stehen,

* Zur Abrundung auf eine durch 10 theilbare Anzahl.

wenn im Uebergangsdrahte, dessen Widerstand mit w bezeichnet ist, die Stromstärke $i = 0$?

Gegeben sind:

der Widerstand von $AC = r$
" " " $CF = l$
" " " $BD = r_1$
" " " $DG = l_1$

Die elektromotorische Kraft der Batterie bei $A = E$ und die der Batterie bei $B = E_1$.

Bezeichnen wir (s. Fig. 54) die Stromstärke im Drahte AC mit S, die im Drahte CF mit s, im Drahte DB mit S_1 und im Drahte DG mit s_1, dann ist nach dem ersten Kirchhoff'schen Satze:

$$\text{I.} \quad S = i + s$$
$$\text{II.} \quad s_1 = i + S_1$$

Nach dem zweiten Satze in der geschlossenen Figur $ACDB$:

$$\text{III.} \quad rS + wi - r_1 S_1 = E - E_1$$

in der geschlossenen Figur $CFGD$:

$$\text{IV.} \quad ls - l_1 s_1 - wi = 0$$

(die Richtung des Stromes im Drahte CD ist von C nach D angenommen und muss während der ganzen Rechnung, trotzdem sie ebenso die entgegengesetzte sein könnte, beibehalten werden.)

In der geschlossenen Figur $EBDGE_1$:

$$\text{V.} \quad r_1 S_1 + l_1 s_1 = E_1$$

(Der Widerstand der Erdleitungen, sowie der der Erde selbst zwischen den Endämtern sei $= 0$.)

Wenn durch den Draht CD kein Stromesübergang stattfindet, so dass $i = 0$ gesetzt werden muss, so wird aus Gleichung I und II:

$$S = s$$
$$S_1 = s_1$$

Ferner aus den übrigen drei Gleichungen, in welche wir für die Stromstärken S und S_1 die ihnen gleichen Intensitäten s und s_1 eintragen wollen:

$$\text{III.} \quad rs - r_1 s_1 = E - E_1$$
$$\text{IV.} \quad ls - l_1 s_1 = 0$$
$$\text{V.} \quad r_1 s_1 + l_1 s_1 = E_1$$
$$(r_1 + l_1) s_1 = E_1.$$

Wir haben jetzt aus den Gleichungen III—V mit den zwei nicht gegebenen Werthen für s und s_1 eine Gleichung zusammenzustellen, in welcher nur die gegebenen Grössen: r, r_1, l, l_1, E und E_1 vorkommen.

Aus Gleichung V ergiebt sich:

$$s_1 = \frac{E_1}{r_1 + l_1}$$

Setzen wir diesen Werth für s_1 in Gleichung IV ein:

$$l s = \frac{l_1\, E_1}{r_1 + l_1}$$

$$s = \frac{l_1\, E_1}{l(r_1 + l_1)}$$

Setzen wir die für s und s_1 erhaltenen Werthe in Gleichung III:

$$\frac{r\, l_1\, E_1}{l\,(r_1 + l_1)} - \frac{r_1\, E_1}{r_1 + l_1} = E - E_1$$

Werden beide Seiten der letzten Gleichung mit $r_1 + l_1$ multiplicirt, so ist:

$$\frac{l_1\, r\, E_1}{l} - r_1\, E_1 = (E - E_1)\,(r_1 + l_1)$$

$$\frac{l_1\, r\, E_1 - l\, r_1\, E_1}{l} = r_1\, E + l_1\, E - r_1\, E_1 - l_1\, E_1$$

$$l_1\, r\, E_1 - l\, r_1\, E_1 = l\, r_1\, E + l l_1\, E - l\, r_1\, E_1 - l l_1\, E_1$$

$$l_1\, r\, E_1 + l l_1\, E_1 = l\, r_1\, E + l l_1\, E$$

$$(r + l)\, l_1\, E_1 = (r_1 + l_1)\, l\, E.$$

Diese Gleichung enthält die Bedingungen, unter welchen durch den Draht CD kein Stromesübergang stattfindet, vorausgesetzt, dass weder in der einen, noch in der andern Ruhestromleitung gearbeitet wird.

Gehen beide Leitungen von einem Amte aus, und werden beide durch eine gemeinschaftliche Batterie mit Strom versehen, so dass $E = E_1$ gesetzt werden kann, so wird aus der letzten Gleichung:

$$r\, l_1 = r_1\, l.$$

Messung mit Shunt. — Wenn mit dem Differentialgalvanometer solche Widerstände, zu deren Ausgleich die vorhandenen Rheostatenwiderstände nicht ausreichen, bestimmt werden sollen, so schaltet man (s. Fig. 37) zwischen Klemme A und E des Galvanometers einen kleinen Widerstand r, der zu dem

Widerstande m seines Galvanometerdrahts in bekanntem Verhältniss steht; es wirkt dann im linken Stromkreise nur der Theil des Stromes auf die Nadel, welcher den Galvanometerdraht durchfliesst, während der durch den eingeschalteten Nebenschluss (Shunt) fliessende Strom für die Nadel wirkungslos bleibt.

Bezeichnen wir ersteren Stromtheil mit s_2, letzteren mit s_3, den durch den Rheostaten fliessenden Strom mit s_1, den durch den zweiten Galvanometerdraht in die Leitung L gelangenden Strom mit s, und den Gesammtstrom der Messbatterie mit S, so ist (s. Fig. 55):

$$S = s + s_1$$
$$s_1 = s_2 + s_3$$
$$WS + (m + L)\, s = E$$
$$WS + m\, s_2 + R\, s_1 = E$$
$$(m + L)\, s = m\, s_2 + R\, s_1$$
$$s_1 = s_2 + s_3$$
$$r s_3 = m\, s_2$$
$$s_3 = \frac{m}{r}\, s_2$$
$$s_1 = \frac{(m + r)\, s_2}{r}$$
$$(m + L)\, s = m\, s_2 + \frac{m + r}{r}\, R\, s_2$$
$$(mr + rL)\, s = (mr + mR + rR)\, s_2$$

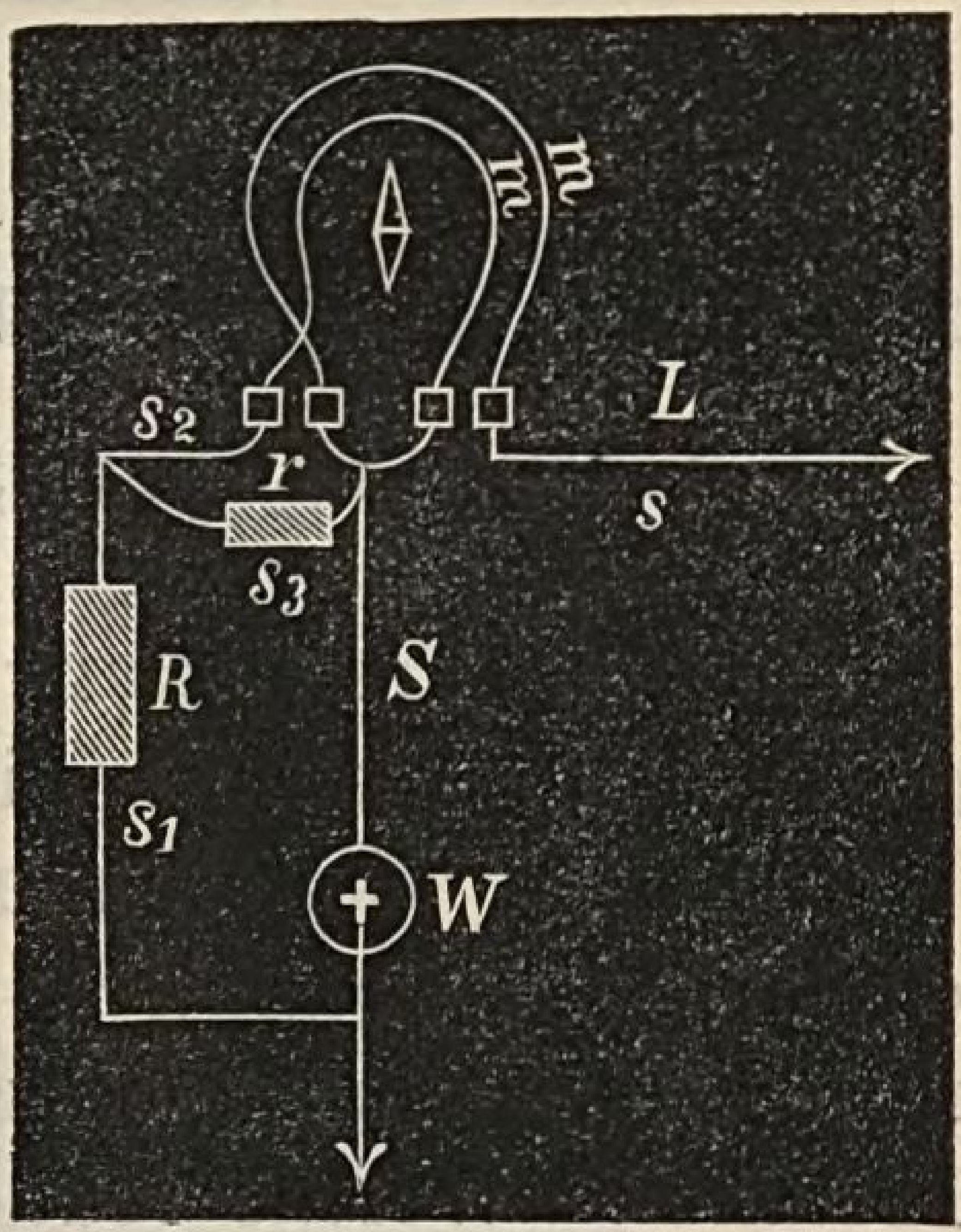


Fig. 55.

Steht bei entsprechender Regulirung des Rheostaten die Galvanometernadel auf 0^0, so ist:

$$s = s_2$$
$$m\, r + r\, L = m\, r + m\, R + r\, R$$
$$L = \frac{(m + r)\, R}{r}$$

Angenommen $r = \frac{1}{n}\, m$, dann ist:

$$L = (n + 1)\, R.$$

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MÜNCHEN

Sechster Abschnitt.

Messung der Stromstärke und Bestimmung der Constanten galvanischer Elemente.

Behufs Feststellung der Stärke galvanischer Ströme vergleicht man dieselbe mit ihren chemischen und magnetischen Wirkungen. Erstere werden mit Hilfe der Voltameter (elektrochemische Rheometer), letztere durch Bussolen oder Galvanometer (elektromagnetische Rheometer) beobachtet und auf bestimmte Werthe reducirt.

Elektrochemische Rheometer. — Das bekannteste dieser Instrumente ist das Knallgas-Voltameter (s. Fig. 56). In ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Glasgefäss tauchen zwei Platin-Elektroden *PP*. Die Kupferdrähte, welche dieselben halten und ihnen den Strom aus der Batterie zuzuführen haben, sind in Glasröhrchen durch den dicht schliessenden Kork- oder Bleistöpsel *K* geführt, und, damit sie von der Säure im Glase nicht angegriffen werden, im Innern desselben mit einem Lack überzogen.

Werden die Drähte *a* und *b* mit den Polen einer Bunsen'schen oder Grove'schen Batterie verbunden, so wird das Wasser im Glase zersetzt. An der Anode, der positiven Elektrode, steigt Sauerstoffgas, an der Kathode, der negativen Elektrode, Wasserstoffgas in die Höhe. Beide entweichen vereinigt als Knallgas (ein Gemenge von einem Raumtheile Sauerstoff und zwei Raumtheilen Wasserstoff, welches sich bei

Berührung mit einem brennenden Hölzchen mit lebhafter Explosion entzündet) durch das luftdicht in den Stöpsel *K* geführte, gebogene Glasrohr *R* in die mit Wasser gefüllte Wanne *W*. Zum Auffangen des Knallgases dient das in Cubikcentimeter eingetheilte Glasrohr *M*, welches durch die Brücke *B* vertical über dem unteren Ende der Röhre *R* gehalten wird. Beim Aufsetzen des mit Wasser gefüllten Auffange-Cylinders *M* ist die Oeffnung desselben mit der Hand zu verschliessen. Zieht man letztere erst unter der Oberfläche des Wassers in der Wanne weg, so bleibt das Glasrohr mit Wasser gefüllt.

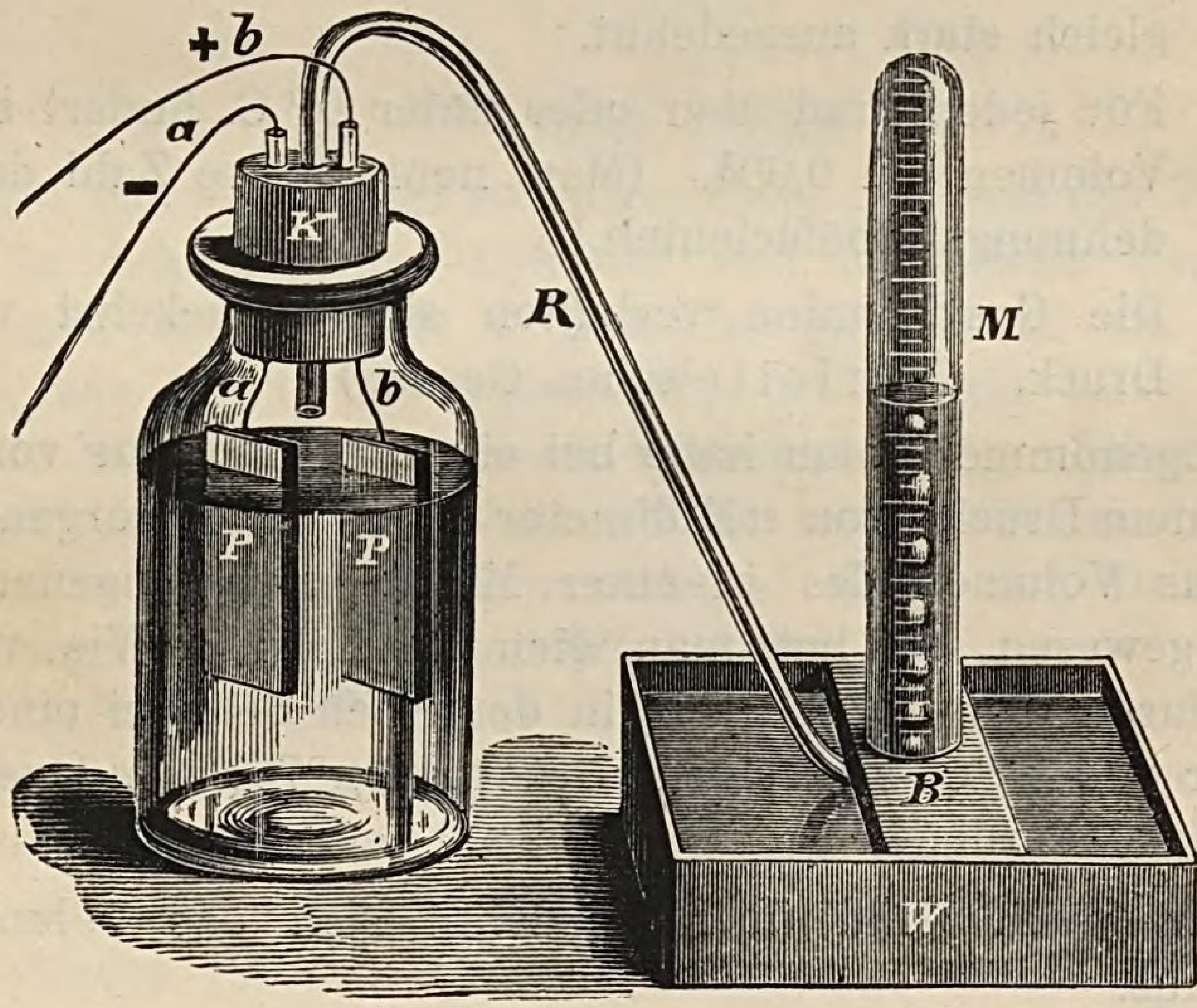


Fig. 56.

Das entwickelte Gasgemenge steigt vermöge seiner geringen specifischen Schwere in dem Wasser in die Höhe und sammelt sich im oberen Theile des Auffange-Cylinders an. Aus der Menge des verdrängten Wassers kann man mit Hilfe der Eintheilung am Rohre *M* das Volumen des aufgefangenen Gasgemenges bestimmen.

Nach Faraday's Beobachtungen ist das Volumen des in einer bestimmten Zeit erhaltenen Knallgases proportional zur Stärke des die Zersetzung bewirkenden Stromes. Wir können deshalb, nach Jacobi's Vorschlag, als Einheit der Stromstärke einen Strom annehmen, welcher in einer Minute 1 Cubik-

centimeter Knallgas von einer bestimmten Dichtigkeit liefert. Diese Dichtigkeit ist abhängig:

1. von der Temperatur,
2. von dem äusseren Drucke.

Man ist übereingekommen, die Dichtigkeit des Gases bei einer Temperatur von 0° C.* und bei einem Drucke von 336 Pariser Linien oder 760 mm Quecksilber als die Einheit anzunehmen, auf welche alle mit dem Voltameter erhaltenen Messungsresultate zurückzuführen sind.

Für derartige Reductionen gelten folgende Gesetze:

1. Alle Gase werden durch Temperatur-Erhöhung fast gleich stark ausgedehnt.
2. Für jeden Grad über oder unter 0° C. ändert sich das Volumen um 0,004. (Man nennt diese Zahl den Ausdehnungs-Coëfficienten.)
3. Die Gasvolumina verhalten sich umgekehrt wie der Druck. (Mariotte'sches Gesetz.)

Angenommen, man habe bei einer Temperatur von t Grad und einem Drucke von n Millimeter die Messung vorgenommen, und das Volumen des in einer Minute aufgefangenen Gases sei V gewesen, so hat man sich zu fragen: Wie viel Gas wäre durch denselben Strom in derselben Zeit bei einer Temperatur von 0° C. und einem Drucke von 760 mm Quecksilber entwickelt worden?

Für jeden Grad über 0° dehnt sich das Volumen um 0,004 aus.

Es ist demnach bei t^0 gleich dem Gasvolumen v bei 0° vermehrt um $v \,.\, t \,.\, 0{,}004$.

$$V = v + v \,.\, t \,.\, 0{,}004.$$

$$V = v\,(1 + 0{,}004\,t),$$

also das Volumen bei 0°:

$$v = \frac{V}{1 + 0{,}004\,t}.$$

* Nach Celsius wird der Gefrierpunkt mit 0, der Siedepunkt mit 100 bezeichnet, während nach Réaumur'scher Eintheilung nur 80 Theile zwischen Gefrier- und Siedepunkt liegen. Bezeichnet man demnach die Anzahl der Réaumur'schen Grade durch R, die entsprechende Zahl der Celsius'schen durch C, so ist $R = {}^4/_5\, C$.

Nun aber war der Druck nicht der von 760 mm, sondern von n mm Quecksilber.

Nach dem Mariotte'schen Gesetze verhalten sich die Gasvolumina umgekehrt wie der Druck. Es verhält sich demnach das auf 0° C. reducirte, aber bei dem Drucke von n mm erhaltene Gasvolumen v zu dem bei 760 mm Druck entwickelten Volumen x, wie die 760 mm zu n mm;

$$v : x = 760 : n$$

$$x = \frac{n \cdot v}{760}$$

$$v = \frac{V}{1 + 0{,}004\, t}$$

$$x = \frac{n V}{760 (1 + 0{,}004\, t)}.$$

Wenn das Voltameter so eingerichtet ist, dass der Wasserspiegel in dem Auffange-Cylinder und ausserhalb desselben gleich hoch steht, giebt n den Barometerstand an. Steht dagegen, wie in Fig. 56 angedeutet, das Wasser im Cylinder höher, so ist der Druck dieser Wassersäule im Cylinder von dem Luftdrucke auf die Wasserfläche in der Wanne in Abrechnung zu bringen, und n bedeutet dann den Druck der Luft, vermindert um den der Wassersäule.

Aufgabe:

Wie gross ist (nach Jacobi'scher Einheit) die Stromstärke, welche in 1 Minute bei 20° C. und 700 mm Barometerstand 0,3 ccm Knallgas entwickelt hat, wobei das Wasser im Auffange-Cylinder 100 mm höher stand, als in der Wanne?

Quecksilber bei 0° ist 13,5 mal schwerer, als Wasser. Der Druck einer Wassersäule von 100 mm wird demnach gleich zu setzen sein dem von $\frac{100}{13{,}5}$ mm, d. h. 7,4 mm Quecksilber. Die Dichtigkeit des Gases ist also bedingt durch einen äusseren Druck von 700 — 7,4 = 692,6 mm Quecksilber.

Setzen wir in die vorhin erhaltene Formel:

$$x = \frac{n V}{760 (1 + 0{,}004\, t)}$$

die gegebenen Zahlenwerthe ein, so ist:

$$x = \frac{692{,}6 \cdot 0{,}3}{760 (1 + 0{,}004 \cdot 20)}$$

$$x = 0{,}25.$$

Da im Knallgas-Voltameter das nicht zersetzte Wasser, wenn die Messung bei sehr niedriger Temperatur vorgenommen wird, sich mit einem Theile des freien Sauerstoffes zu Wasserstoffsuperoxyd (H_2O_2) oder oxydirtem Wasser verbindet, muss man, um einem hiermit verbundenen Gasverluste vorzubeugen, die Temperatur an der positiven Platte erhöhen.

Volumen-Verminderung des entwickelten Gases tritt ferner dadurch auf, dass das nicht zersetzte Wasser einen Theil der Gase aufsaugt (absorbirt). Diesem zu begegnen, darf man das Gasgemenge erst auffangen, nachdem die Flüssigkeit einer weiteren Absorption nicht mehr fähig, d. h. gesättigt ist.

Für sehr genaue Messungsergebnisse ist auch der Verlust an Sauerstoff durch Ozonbildung nicht unberücksichtigt zu lassen.

Ein grosser Uebelstand beim Messen mit dem Knallgas-Voltameter ist noch der, dass durch schwache Elektromotoren das Wasser nur langsam zersetzt wird und dass dann, ehe ein messbares Gasvolumen entwickelt ist, der zu messende Strom seine Intensität verändert.

Um endlich eine in Folge zu grosser Näherung der Elektroden mögliche Verbindung eines Theiles der im Voltameter noch sehr stark elektrischen Gase zu Wasser zu verhindern, trennt man die Elektroden zweckmässig durch Diaphragmen.

Da nach dem elektrolytischen Gesetze von Faraday, dessen nähere Besprechung später folgt, durch denselben galvanischen Strom äquivalente Mengen der Elektrolyte zersetzt werden, und die Quantitäten der aus ihnen an beiden Elektroden abgeschiedenen Stoffe gleichfalls im Verhältnisse ihrer Aequivalente stehen, kann man zu Stromes-Messungen auch Instrumente verwenden, welche aus Salzlösungen Metalle niederschlagen lassen. Die Zersetzungsproducte dieser Metall-Voltameter lassen sich nach jenem Gesetze leicht mit denen der Knallgas-Voltameter quantitativ vergleichen.

Für Messungen schwacher Ströme ist das Poggendorff'sche Silbervoltameter sehr geeignet: Eine mit dem negativen Pole der Batterie leitend verbundene Platinschale ist mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd gefüllt. In diese Lösung taucht ein an einem metallenen Stativ hängender Silberstab. Verbindet man das Stativ mit dem positiven Pole der Batterie,

so bildet der Silberstab die Anode, die Platinschale die Kathode und die Lösung von salpetersaurem Silberoxyd das Elektrolyt. Aus diesem scheidet sich das Silber auf der Platinschale ab und kann nach dem Ausgiessen der Lösung mit Wasser gewaschen, getrocknet und mit der Schale gewogen werden. Die Differenz des Gewichtes der Schale vor und nach der Messung ergiebt das Gewicht des niedergeschlagenen Silbers.

Nicht ganz so genaue Resultate liefert das Kupfer-Voltameter, in welchem man Kupfervitriol-Lösung unter dem Einflusse des elektrischen Stromes zersetzen lässt und eben so, wie beim Silber-Voltameter, als negative Elektrode Platin und als positive dasselbe Metall, welches die Salzlösung enthält, hier also Kupfer, wählt.

Da an der positiven Elektrode eine dem aus der Lösung abgeschiedenen Metalle gleiche Metallmenge aufgelöst wird, umgiebt man, um ein Herabfallen des in Folge der Auflösung zerbröckelnden Metalles zu dem aus der Lösung gewonnenen Metalle zu verhüten, die positive Elektrode mit Fliesspapier.

Elektromagnetische Rheometer. — Bevor wir die Einrichtung elektromagnetischer Strommesser eingehend besprechen, wird es nöthig sein, den in Früherem über die Grösse der Ablenkung von Magnetnadeln durch den galvanischen Strom (vergl. S. 31—33) nur allgemein aufgestellten Betrachtungen einige genauere Angaben hinzuzufügen.

Das Verhältniss der die Nadelablenkung bewirkenden Richtkraft des Stromes zu Stromstärke, Anzahl der Umwindungen, Magnetismus der Nadel und Entfernung derselben von den Umwindungen bestimmt die Formel:

$$S = \frac{s\,n\,m}{r^2}$$

S bedeutet die ablenkende Kraft des Stromes, s die Stromstärke, n die Anzahl der Umwindungen, m den Magnetismus der Nadel und r die Entfernung derselben von den Umwindungen.

Die Ablenkung der Nadel ist aber ferner auch abhängig von der Richtkraft des Erdmagnetismus. Nennen wir dieselbe T, so ist:

$$T = H m.$$

H ist die horizontale Intensität des Erdmagnetismus und m der Magnetismus der Nadel.

Das Resultat der Wirkung der beiden nicht gleichgerichteten Kräfte ist selbstverständlich von ihrem gegenseitigen Verhältniss abhängig und lässt sich darstellen durch:

$$\frac{S}{T} = \frac{s\,n\,m}{r^2\,H\,m} = \frac{s\,n}{r_2\,H}$$

Aus dieser Gleichung folgt:

1. Auf die Ablenkung horizontal schwingender Magnetnadeln durch den galvanischen Strom ist die Grösse des Nadelmagnetismus ohne Einfluss.
2. Wenn bei jeder Stellung der Magnetnadel die Entfernung der Pole von den Umwindungen dieselbe bleibt, ist die ablenkende Kraft des Stromes direct proportional der Stromstärke.

Diese beiden Sätze enthalten die Bedingungen für die Einrichtung und Wirkungsweise der bekanntesten elektromagnetischen Strommesser.

Wenn die in einem verticalen Drahtringe horizontal schwingende Magnetnadel so kurz ist, dass die Entfernung jedes der beiden Pole vom Mittelpunkte vernachlässigt werden kann, dann haben alle Theile eines elektrischen Stromes, welcher in dem Drahtringe circulirt, auf die Magnetnadel gleiche Wirkung, welche Lage dieselbe auch einnehmen möge. Die Richtkraft des Stromes kann dann immer durch eine bestimmte, von einem der Pole aus senkrecht auf die Ebene des Ringes gefällte Linie dargestellt werden.

Angenommen, ab sei der horizontale Durchmesser eines verticalen Drahtringes D (s. Fig. 57), welcher in den magnetischen Meridian gebracht ist, so dass die um x in horizontaler Ebene drehbare Magnetnadel SN in ihrer natürlichen Lage mit ab zusammenfällt, so wird ein in dem Ringe circulirender Strom bestrebt sein, die Nadel zu seiner Ebene, also auf den Durchmesser ab senkrecht zu stellen, während die Richtkraft der Erde sie in ihre Ruhelage zurückzuführen sucht. Die mittlere Lage, welche die Nadel in Folge der Wirkung beider Kräfte einnimmt, sei die von $S_1 N_1$. Die beiden Kräfte, welche wir uns am Pole N_1 wirksam denken und welche sich

hier das Gleichgewicht halten, seien in Grösse und Richtung durch die Linien *ce* und *cd* dargestellt. Erstere, die ablenkende Kraft des Stromes, ist senkrecht, letztere, die Richtkraft des Erdmagnetismus, parallel zu *ab*.

Nach dem Gesetze des Parallelogrammes der Kräfte können wir jede Kraft in zwei Seitenkräfte zerlegen, welche mit ihren Parallelen ein Parallelogramm bilden, dessen Diagonale jene Kraft ist.

Zerlegen wir hiernach *ce* in die beiden Seitenkräfte *cf* (senkrecht zu $S_1 N_1$) und *cg* (in der Verlängerung von $S_1 N_1$), und ebenso *cd* in die Seitenkräfte *cl* und *cK*, von denen die

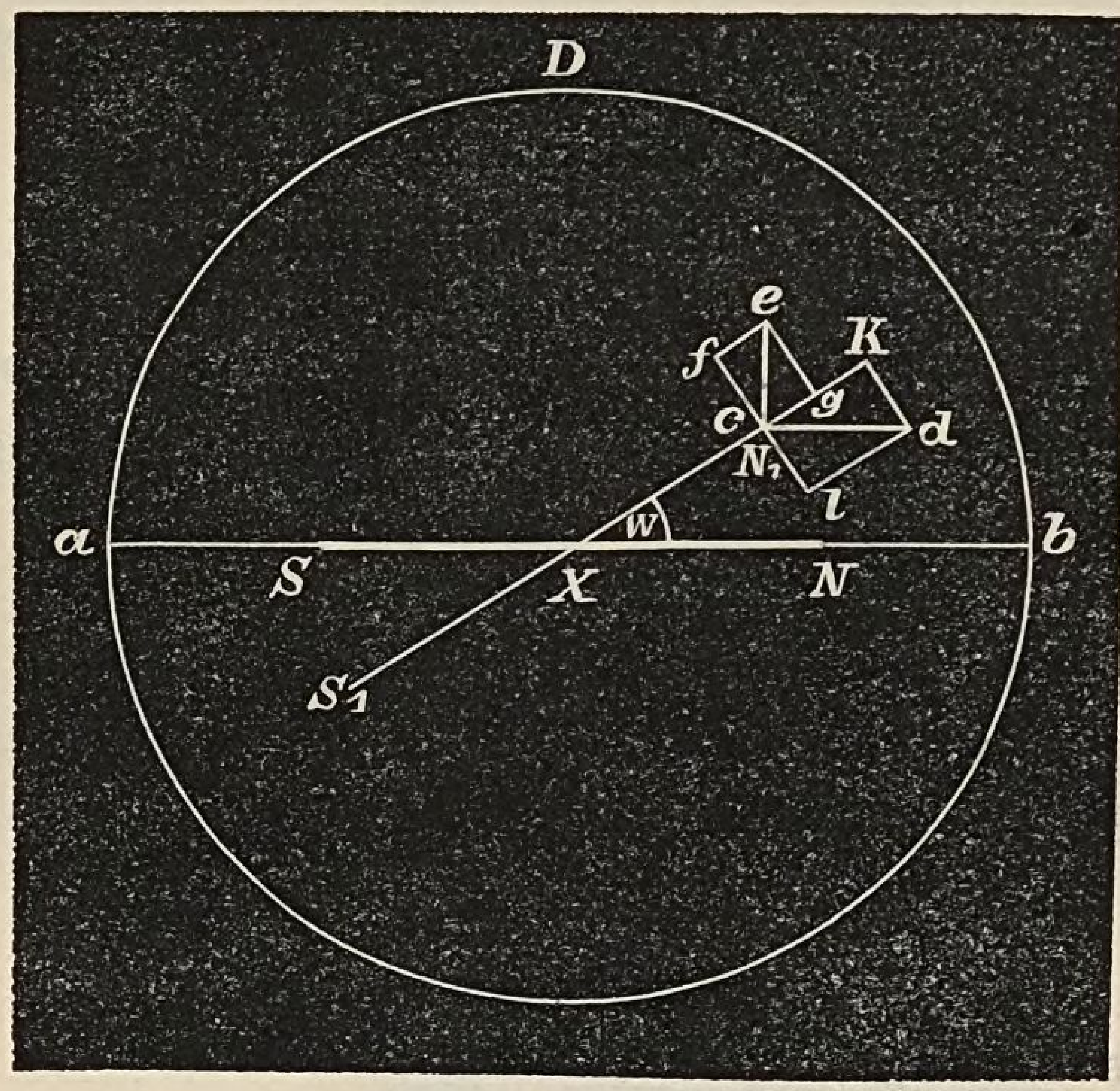


Fig. 57.

erstere zu $S_1 N_1$ senkrecht gerichtet ist, während letztere in die Verlängerung von $S_1 N_1$ fällt, so kommen, da die Nadel in *x* einen festen Drehpunkt hat, die in der Richtung der Nadel wirkenden Kräfte *cg* und *cK* nicht zur Geltung. Es wirken demnach auf die Nadel nur die beiden Seitenkräfte *cf* und *cl*, und da diese in einer Linie, aber nach entgegengesetzter Richtung wirkend, die Nadel im Gleichgewicht halten, ist:

$$cf = cl$$
$$cf = ce \,.\, \cos fce$$
$$cl = cd \,.\, \sin cdl.$$

Setzen wir ce, die ablenkende Kraft des Stromes $= S$ und cd, die Richtkraft des Erdmagnetismus $= H$, so ist:

$$cf = S \, . \cos fce$$
$$cl = H \, . \sin cdl$$
$$S = H \frac{\sin cdl}{\cos fce}$$

$\angle\, cdl = \angle\, fce = \angle\, w$, d. h. dem Ablenkungswinkel,* folglich:

$$S = H \, . \frac{\sin w}{\cos w} = H \, . \operatorname{tang} w.$$

Nehmen wir nun zum Vergleiche eine zweite Stromstärke, unter deren Einwirkung die Nadel um den Winkel v abgelenkt wird, und bezeichnen wir das Drehungsvermögen derselben mit S_1, so verhält sich:

$$S : S_1 = \operatorname{tang} w : \operatorname{tang} v.$$

Nun sind aber nach Voraussetzung die elektrischen Drehungskräfte direct den Stromstärken proportional: Es verhalten sich also die Stromstärken wie die Tangenten der Ablenkungswinkel.

Die Tangenten-Bussole. — Auf Grund der eben angestellten Betrachtungen construirte Pouillet die in Fig. 58 dargestellte Tangenten-Bussole.

* Voraussetzung:

$$cf \text{ und } cl \perp S_1 N_1$$
$$ce \perp cd$$
$$cd \parallel ab.$$

Behauptung:

$$\angle\, ecf = \angle\, cdl = \angle\, w.$$

Beweis:

$$\angle\, ecf + \angle\, ecd + \angle\, dcl = 2\, R$$
$$\angle\, ecd = R$$
$$\angle\, ecf + \angle\, dcl = R$$
$$\angle\, cdl + \angle\, dcl = R$$
$$\angle\, ecf = \angle\, cdl.$$

Denken wir uns die Linie dl verlängert, bis sie ab schneidet, so ist:

$$\angle\, cdl = \angle\, w \text{ (als Gegenwinkel in einem Parallelogramm)}$$
$$\angle\, ecf = \angle\, cdl = \angle\, w.$$

Ein kreisförmig gebogener Kupferstreifen, welcher unten unterbrochen, in zwei von einander isolirten, durch das Postament hindurchgehenden Kupferdrähten endigt, steht durch dieselben mit den Zuleitungsdrähten der Stromquelle in Verbindung. In der Mitte des horizontalen Durchmessers ist die Bussole, bestehend aus Magnetnadel und Gradeintheilung

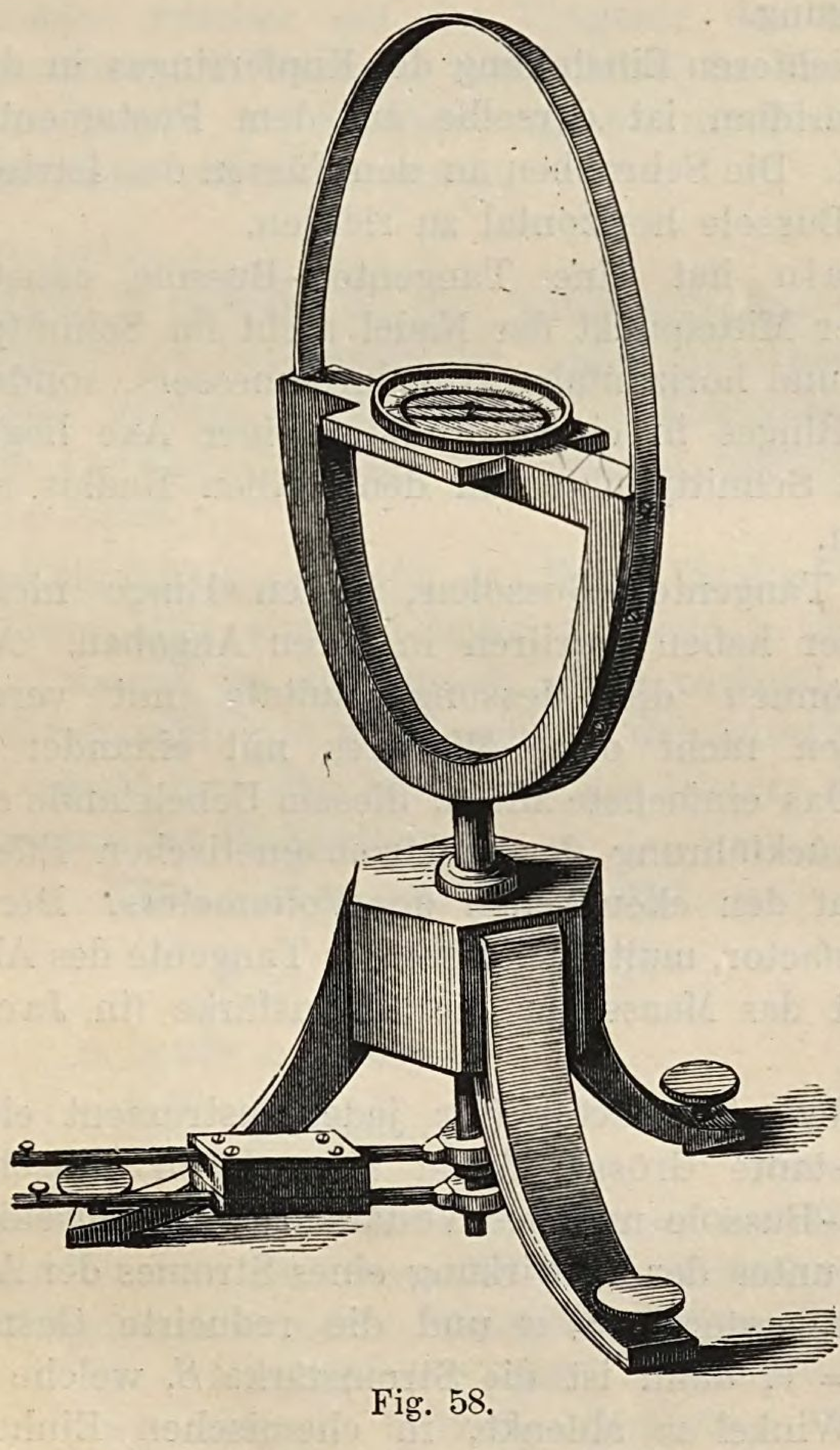


Fig. 58.

angebracht. Erstere darf höchstens $^1/_4$ bis $^1/_5$ so lang sein, als der Durchmesser des Kupferringes, wenn die Wirkung des Kreisstromes auf die Nadel von ihrer Stellung unabhängig sein soll.

Damit wegen der Kürze der Nadel der Theilkreis nicht zu klein wird, ist jene an beiden Enden durch Glasfäden ver-

längert, welche über der Gradeintheilung spielen. Ist letztere auf einer spiegelnden Fläche angebracht, so hat man für eine genaue Ablesung noch grössere Sicherheit. Wenn das Spiegelbild der verlängerten Nadel und diese selbst sich decken, dann liegt das Auge mit beiden in einer Ebene, und der im Spiegelbilde oder dessen Verlängerung angezeigte Grad ist der der Ablenkung.

Zur leichteren Einstellung des Kupferringes in den magnetischen Meridian ist derselbe auf dem Postamente drehbar angebracht. Die Schrauben an den Füssen des letzteren dienen dazu, die Bussole horizontal zu richten.

Gaugain hat eine Tangenten-Bussole construirt, bei welcher der Mittelpunkt der Nadel nicht im Schnittpunkte des verticalen und horizontalen Ringdurchmessers, sondern ausserhalb des Ringes in einem Punkte seiner Axe liegt, welcher von jenem Schnittpunkte um den halben Radius des Ringes entfernt ist.

Zwei Tangenten-Bussolen, deren Ringe nicht gleiche Durchmesser haben, variiren in ihren Angaben. Aus diesem Grunde können die Messungsresultate mit verschiedenen Instrumenten nicht ohne Weiteres mit einander verglichen werden. Das einfachste Mittel, diesem Uebelstande abzuhelfen, ist die Zurückführung des elektromagnetischen Effectes jeder Bussole auf den chemischen des Voltameters. Der erhaltene Reductionsfactor, multiplicirt mit der Tangente des Ablenkungswinkels ist das Maass für die Stromstärke (in Jacobi'schen Einheiten).

Den Reductionsfactor (für jedes Instrument eine besondere, constante Grösse) findet man durch Einschalten der Tangenten-Bussole und des Voltameters in denselben Stromkreis. Ist unter der Einwirkung eines Stromes der Ausschlagswinkel der ersteren $= w$ und die reducirte Gasmenge des letzteren $= V$, dann ist die Stromstärke S, welche die Nadel um den Winkel w ablenkt, in chemischen Einheiten $= V$. Lassen wir jetzt auf die Tangenten-Bussole einen Strom von der Stärke s wirken, welcher die Nadel um v^0 ablenkt, so verhält sich:

$$\text{tang}\, w : \text{tang}\, v = V : x$$

$$x = \frac{V}{\text{tang}\, w} \,.\, \text{tang}\, v$$

x ist die Stromstärke, welche den Ausschlagswinkel v bewirkt, und $\frac{V}{\tang w} . \tang v$ die Grösse derselben in chemischen Einheiten.

Der Werth $\frac{V}{\tang w}$ ist der Reductionsfactor einer Tangenten-Bussole, welcher mit der Tangente des Ausschlagswinkels desselben Instrumentes multiplicirt, in Jacobi'schen Einheiten die Stärke des Stromes angiebt, unter dessen Einwirkung die Nadel abgelenkt wurde.

Beispiel:

Ein Strom S bewirkt an der Tangenten-Bussole, deren Reductionsfactor zu bestimmen ist, einen Ausschlag von 27° und entwickelt in dem miteingeschalteten Knallgas-Voltameter das auf die Jacobi'sche Einheit reducirte Gasvolumen von 0,25 Cubikcentimeter.

Da die Zahl 0,25 gleichzeitig das Maass für die Stromstärke bedeutet, diese aber sich zu jeder anderen, z. B. zu einer Stromstärke, welche auf die Bussole allein wirkend, die Nadel derselben 35° ablenkt, wie die Tangenten der Ausschlagswinkel verhält, so ergiebt sich der Werth für die letztere unbekannte Stromstärke aus der Proportion:

$$0{,}25 : x = \tang 27^0 : \tang 35^0$$

$$x = \frac{0{,}25}{\tang 27^0} . \tang 35^0$$

$$\tang 27^0 = 0{,}5095$$

$$\frac{0{,}25}{0{,}5095} = 0{,}49068.$$

Mit dieser Zahl, dem Reductionsfactor der Bussole, ist die Tangente des Winkels von 35° zu multipliciren, um die Stärke des Stromes zu erhalten, welcher die Nadel 35° ablenkte.

$$\tang 35^0 = 0{,}7002$$

$$x = 0{,}49068 . 0{,}7002 = 0{,}34357$$

d. h. wenn ein Strom bei 27° Nadelausschlag 0,25 Kubikcentimeter Knallgas entwickelt, dann hat der Strom, welcher 35° Nadelausschlag bewirkt, 0,34357 chemische Einheiten.

Nach dem absoluten Maass-System in C. G. S. (Centimeter-Gramm-Secunden) Einheiten hat ein Strom die Stärke „Eins", welcher beim Durchfliessen eines Drahtes von

1 cm Länge, der einen Kreisbogen von 1 cm Radius bildet, auf einen im Mittelpunkt befindlichen Magnetpol von der Stärke 1 eine Krafteinheit* ausübt. Da diese absolute Einheit einen für die praktische Anwendung zu starken Strom bedeutet, hat der internationale Congress der Elektriker in Paris als praktische Einheit für die Stromstärke das Ampère = $^1/_{10}$ jener absoluten Einheit angenommen.

Um für diese Stromstärken-Einheit den Reductionsfactor einer Tangenten-Bussole zu bestimmen, ist davon auszugehen, dass die magnetische Kraft im Mittelpunkt des Kreises

$$f = \frac{2 \pi r}{r^2} s = H . \operatorname{tang} w \text{ und daher:}$$

$$s = \frac{r H}{2 \pi} \operatorname{tang} w.$$

Mit dem Reductionsfactor $\frac{r H^{**}}{2 \pi}$ würde die Tangente des Ablenkungswinkels zu multipliciren sein, um den Werth der Stromstärke in absoluten (elektromagnetischen) Einheiten zu erhalten.

Für eine Bussole, deren Drahtring aus n Umwindungen besteht und mit welcher die Stromstärke nach praktischen Einheiten ermittelt werden soll, würde der Reductionsfaktor $\frac{10 r H}{2 n \pi}$ und dementsprechend

$$s = \frac{10 r H}{2 n \pi} \operatorname{tang} w$$

sein.

Beispiel:

Welche Stärke in praktischen Einheiten hat ein Strom, welcher die Nadel einer mit 8 Umwindungsdrähten versehenen Tangenten-Bussole 30° ablenkt, wenn der Durchmesser des Drahtringes 16 cm beträgt?

$$s = \frac{10 . 8 . 0{,}178}{2 . 8 . 3{,}1416} \operatorname{tang} 30^0 = 0{,}16 \text{ Amp.}$$

* Krafteinheit ist diejenige Kraft, welche eine Secunde lang auf eine Masse von 1 g wirkend, dieser die Geschwindigkeit von 1 cm pro Secunde ertheilt.

** H = 0,178 (Krafteinheit) für Berlin.

Die Sinus-Bussole. — Dreht man (in Fig. 57) den Drahtring D, in welchem ein Strom circulirt, der fliehenden Nadel so lange nach, bis letztere in der Ebene des Ringes zur Ruhe gelangt (so dass also die Pole der Nadel aus der Ebene des verticalen Ringes nicht heraustreten), so steht, wenn dies in der Stellung $S_1\,N_1$ eingetreten ist, die Linie fc nicht nur senkrecht zur Nadel, sondern auch zur Ebene des nachgerückten Drahtringes. Sie bedeutet die Richtkraft S des in dem Drahtringe circulirenden Stromes. Die Richtkraft H des Erdmagnetismus, welcher die Nadel in den magnetischen Meridian zurückzuführen strebt, und in Grösse und Richtung durch cd dargestellt ist, kommt nur mit der zu $S_1\,N_1$ senkrecht wirkenden Seitenkraft cl zur Geltung und diese ist nach Früherem $= H \,.\, \sin w$.

Nun ist die Nadel unter Einwirkung der beiden Kräfte fc und cl in Ruhe, folglich:

$$fc = S = H \,.\, \sin w.$$

Nehmen wir nun auch hier zum Vergleiche eine zweite Stromstärke, bei welcher der Drahtring um v^0 nachgedreht werden muss, um die Nadel in seiner Ebene in Ruhe zu halten, und bezeichnen wir die abstossende Kraft derselben mit S_1, so verhält sich:

$$S_1 : S = \sin v : \sin w.$$

d. h. da die elektrischen Drehungskräfte auch hier proportional den Stromstärken sind:

Die Stromstärken verhalten sich unter der gegebenen Voraussetzung wie die Sinus der Ablenkungswinkel.

Ein nach diesem Princip construirtes Instrument, die Sinus-Bussole, ist in Fig. 59 dargestellt.

Die Magnetnadel befindet sich in der Mitte eines mit Theilstrichen versehenen Horizontalkreises und des verticalen Kreises mit den Drahtwindungen. Beide Kreise und der als Zeiger dienende horizontale Arm am Fussgestell bilden ein um die verticale Axe drehbares System. Die Grösse der Drehung lässt sich an dem getheilten Horizontalkreise am Fusse des Postamentes ablesen.

Beim Gebrauch wird zunächst der horizontale Arm über der Eintheilung am Fussgestell auf 0^0 gedreht und dann das Intrument so aufgestellt, dass der verticale Drahtring im magnetischen Meridiane liegt. Lässt man nun einen Strom durch

die Drahtumwindungen gehen, so treten beide Pole der Nadel aus der Ebene des Drahtringes. Dreht man jetzt den letzteren so lange nach, bis die Nadel in seiner Ebene in Ruhe steht, so kann die Grösse der Nadelablenkung aus dem magnetischen Meridiane am unteren Theilkreise abgelesen werden.

Bei der Tangenten-Bussole kam es hauptsächlich darauf an, bei jeder Stellung der Nadel ihre Pole in derselben Entfernung vom Strome zu halten, welche sie in der Ebene des

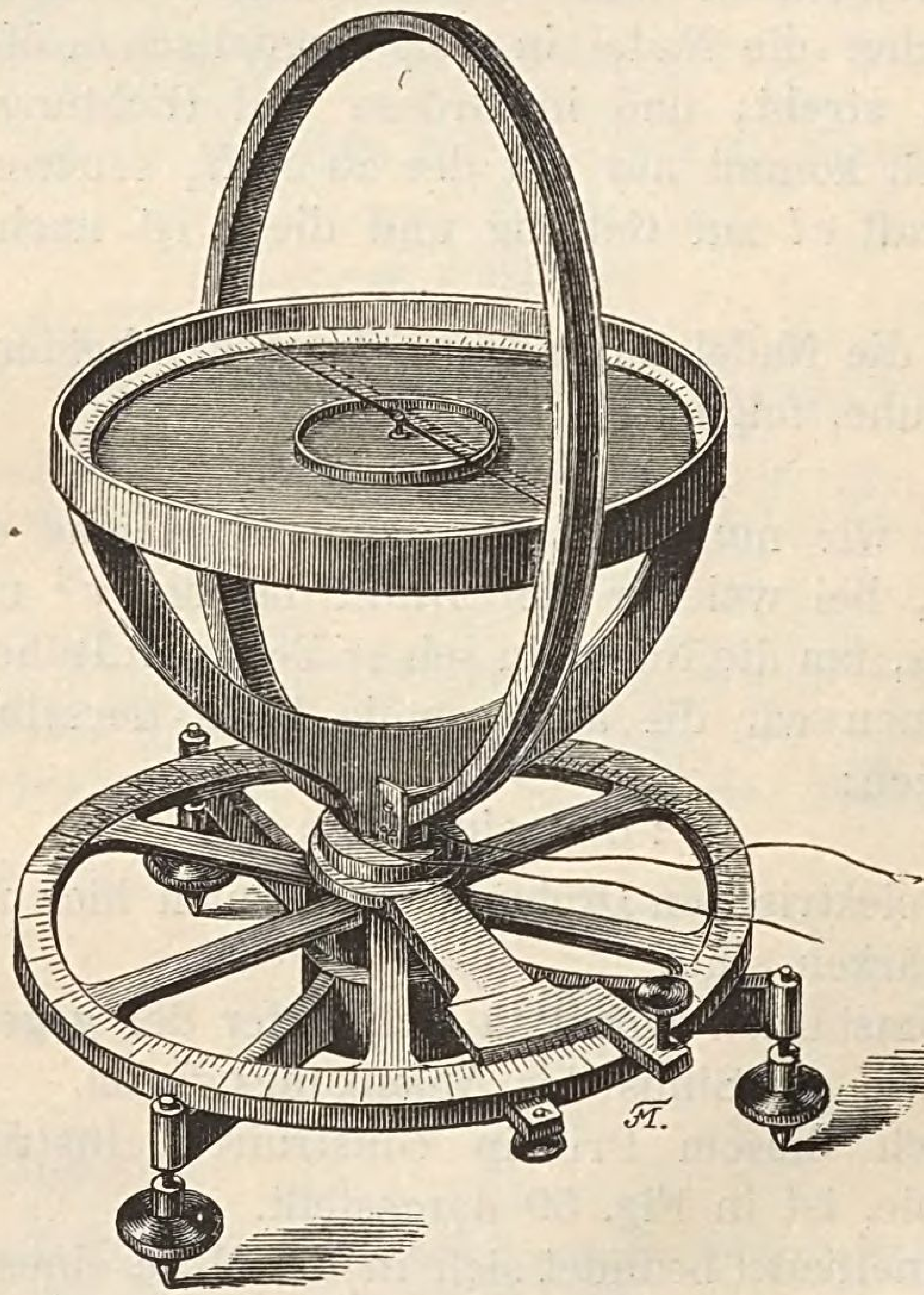


Fig. 59.

Drahtringes haben. Dies wenigstens annähernd zu erreichen, machte man die Nadel sehr kurz. Da bei der Sinus-Bussole die Stellung der Nadel zum Drahtringe, in welcher sie durch die Richtkraft des Erdmagnetismus und des elektrischen Stromes im Gleichgewicht gehalten wird, dieselbe ist, als sie im Anfange war, wo die Nadel mit dem Stromleiter im magnetischen Meridiane lag, so können die Bedingungen bezüglich der Nadellänge wegfallen.

Die Nadel der Sinus-Bussole reicht mit ihren Polen bis an den Theilkreis, und der Strom durchfliesst ein Multiplicatorgewinde, welches entweder auf einem kreisförmigen Rahmen, oder, um den Einfluss des Stromes durch geringere Entfernung von der Nadel zu erhöhen, auf länglichem Rahmen liegt. Hierdurch wird das Instrument auch zum Messen sehr schwacher Ströme brauchbar.

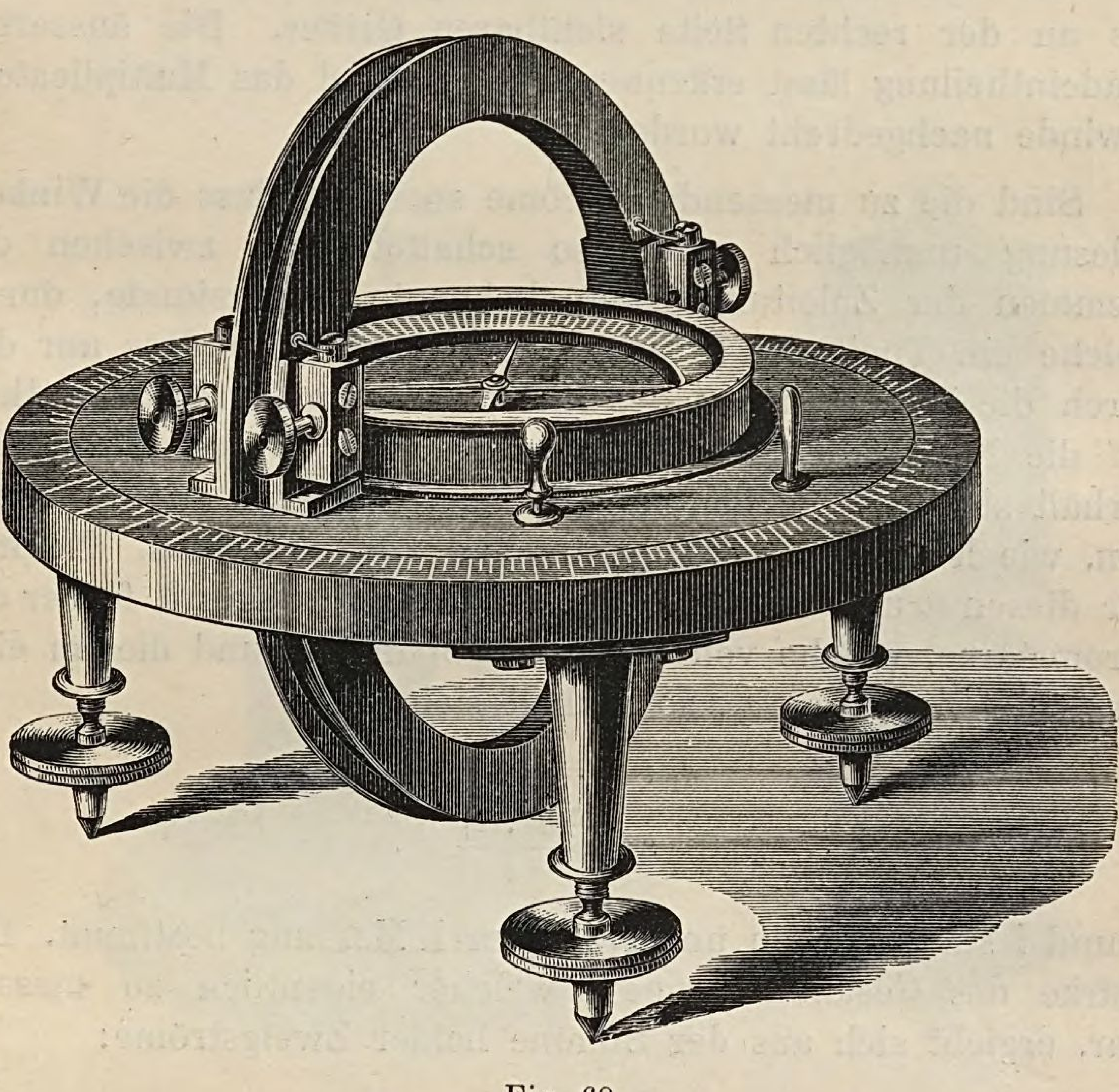


Fig. 60.

Die Sinus-Tangenten-Bussole. — Siemens und Halske haben eine Bussole construirt, welche sowohl als Tangenten-, als auch als Sinus-Bussole benutzt werden kann. Diese Sinus-Tangenten-Bussole ist in Fig. 60 dargestellt.

Auf dem ringförmigen Rahmen liegen zwei von einander getrennte Drahtgewinde. Das aus 16 Windungen 1,339 mm starken Drahtes von etwa 0,15 *S. E.* Widerstand bestehende Gewinde wird in den Stromkreis geschaltet, wenn dem Instrumente das Tangenten-Princip zu Grunde gelegt werden soll.

Für diesen Fall wird auch eine kurze Nadel mit einem bis an die Gradeintheilung reichenden Aluminiumzeiger angewendet. Soll das Instrument als Sinus-Bussole dienen, so wird das andere Drahtgewinde (1050 Windungen 0,25 mm starken Drahtes von etwa 150 *S. E.* Widerstand) in den Stromkreis geschaltet und die kurze Nadel mit einer langen vertauscht.

Das Nachdrehen der Umwindungen geschieht vermittels des an der rechten Seite sichtbaren Griffes. Die äusserste Gradeintheilung lässt erkennen, um wie viel das Multiplicatorgewinde nachgedreht worden ist.

Sind die zu messenden Ströme so stark, dass die Winkelablesung unmöglich wird, so schaltet man zwischen die Klemmen der Zuleitungsdrähte bekannte Widerstände, durch welche ein Theil des Stromes geleitet wird, so dass nur der durch die Umwindungen des Instrumentes gehende Stromtheil auf die Nadel wirkt und gemessen wird. Dieser Stromtheil verhält sich zu dem den künstlichen Widerstand durchfliessenden, wie letzterer zum Widerstande des Instrumentes. Nennen wir diesen w und den des eingeschalteten Zweiges l, ferner die Stromstärke, welche von ersterem abhängt s_1 und die im eingeschalteten Zweige s_2, so verhält sich:

$$s_1 : s_2 = l : w$$

$$s_2 = \frac{w \,.\, s_1}{l}$$

w und l sind gegeben und s_1 ist durch Messung bestimmt. Die Stärke des Gesammtstromes, welcher eigentlich zu messen war, ergiebt sich aus der Summe beider Zweigströme:

$$S = s_1 + s_2.$$

Das Reflex-Galvanometer. — Während mit der Tangenten- und Sinus-Bussole Stromstärken nach absolutem Werthe bestimmt werden können, eignet sich das Reflex- oder Spiegelgalvanometer nur zur genauen Vergleichung von Stromstärken, gleichzeitig aber auch zur objectiven Darstellung der magnetischen Wirkung elektrischer Ströme.

In Figur 61 ist das in der Werkstätte von Elliott Brothers in London nach Thomsons Angaben angefertigte Reflex-Galvanometer wiedergegeben. Figur 62 zeigt die beiden

Doppelrollen *A* und *B* aus Kupfer,* über welche sehr feiner Draht in vielen Windungen gelegt ist. Die Rahmen *cc* und *dd* sind von den ihnen parallelen Rahmen c_1 c_1 und d_1 d_1 durch einen schmalen Zwischenraum getrennt. Durch diesen geht, oben an einem Coconfaden hängend, ein feiner Aluminium-Draht, welcher zwei parallele, kleine Magnetstäbchen mit entgegengesetzt liegenden Polen (statische Magnete) mit

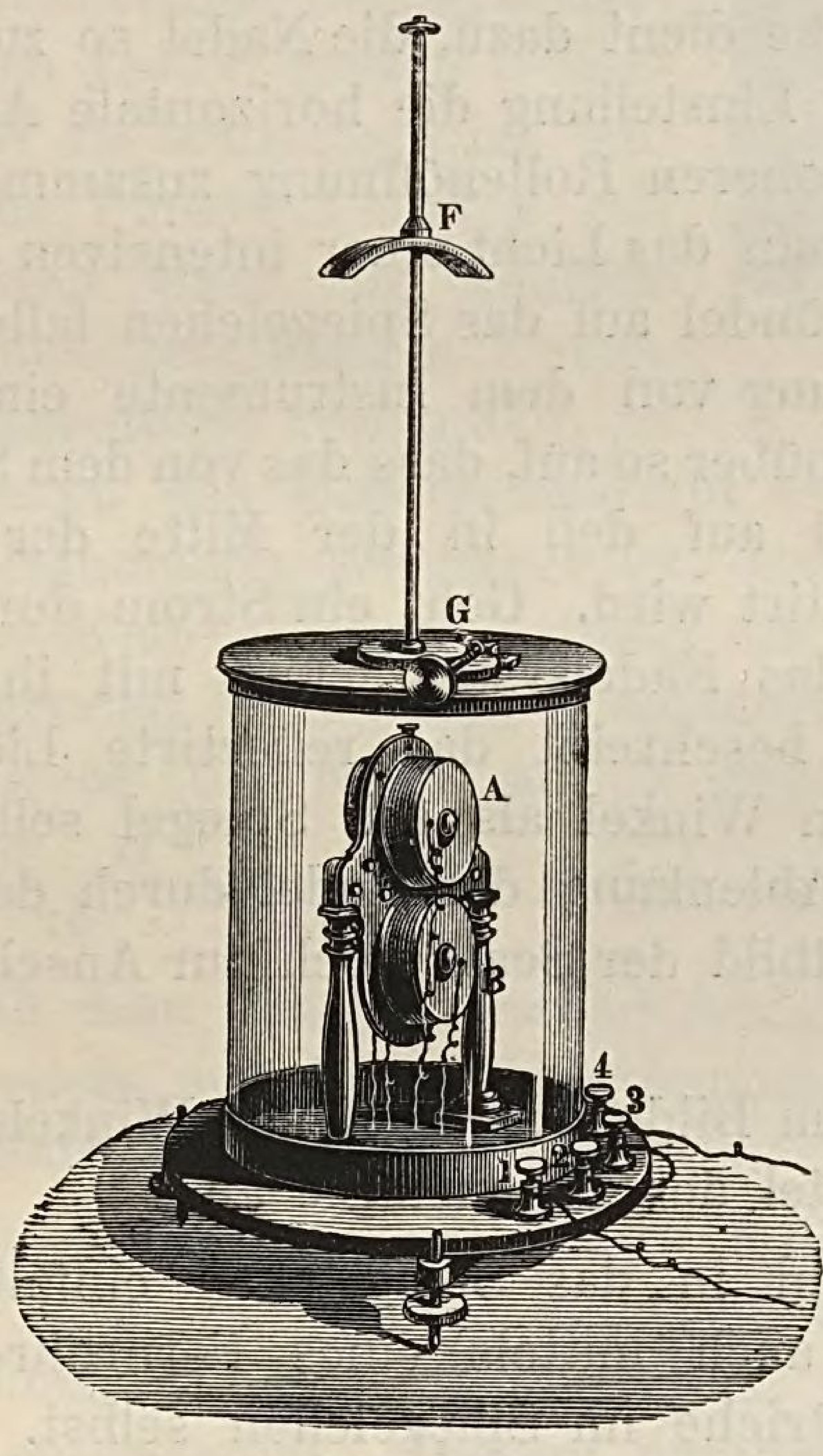


Fig. 61.

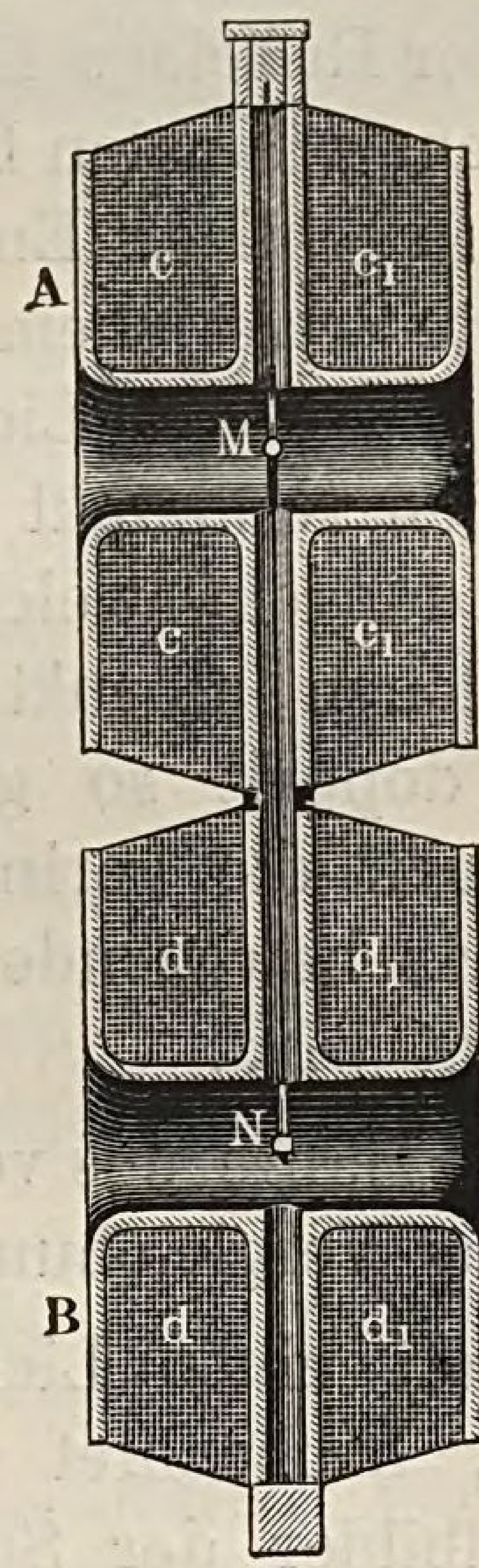


Fig. 62.

einander so verbindet, dass jedes derselben sich innerhalb der cylindrischen Höhlung einer Rolle frei bewegt.

Das oberste Magnetstäbchen *M* ist auf der Rückseite eines kleinen, runden Spiegelchens befestigt, welches, um als Sammelspiegel für Lichtstrahlen dienen zu können, concav geschliffen ist. Damit die ablenkende Wirkung des Stromes auf beide Magnetstäbchen in gleichem Sinne erfolgt, sind die Um-

* In der Höhlung kupferner Rollen kommen die Magnetnadeln eher zur Ruhe, als in Rahmen aus nicht leitendem Material. Die Ursache dieser Erscheinung wird im nächsten Abschnitt erörtert.

windungen der Rahmen *A* denen der Rahmen *B* entgegengewickelt.

Die in Fig. 61 sichtbaren Klemmen 1, 2, 3, 4 ermöglichen sowohl eine Hinter- als eine Nebeneinanderschaltung der beiden Doppelrollen *A* und *B*.

Der Messingstab auf dem Deckel des gläsernen Gehäuses trägt auf ihm verschiebbar einen gebogenen Stahlmagneten *F* von 20 cm Länge. Derselbe dient dazu, die Nadel so zu reguliren, dass nach erfolgter Einstellung die horizontale Axe des Spiegelchens *M* mit der oberen Rollenöffnung zusammenfällt. In dieser Ruhelage lässt man das Licht einer intensiven Lampe in einem schmalen Lichtbündel auf das Spiegelchen fallen und stellt in einiger Entfernung von dem Instrumente eine eingetheilte Scala jenem gegenüber so auf, dass das von dem Spiegel zurückgeworfene Lichtbild auf den in der Mitte der Scala liegenden Nullpunkt reflektirt wird. Geht ein Strom durch die Umwindungen, welcher das Nadelsystem, und mit ihm das Spiegelchen ablenkt, so beschreibt das reflectirte Lichtbild einen doppelt so grossen Winkel als der Spiegel selbst, so dass auch die geringste Ablenkung der Nadel durch das sich seitwärts bewegende Lichtbild der Scala noch zur Anschauung gebracht wird.

Die Hälfte des von dem Bilde durchlaufenen Winkels giebt also das Vergleichungsmittel der Stromstärke an.

Statt einen Lichtstrahl in das Spiegelchen einfallen zu lassen, beobachtet man auch mittels eines Fernrohres die Spiegelbilder der Scalenstriche im Spiegelchen selbst. Scala und Fernrohr sind dabei so aufzustellen, dass in der Ruhelage der Nadel der reflectirte Nullpunkt der Scala genau mit einem im Innern des Fernrohrs angebrachten verticalen Faden zusammenfällt. Sobald das Spiegelchen jetzt unter der Einwirkung des Stromes abweicht, werden wir in ihm das Bild des Punktes der Scala sehen, welcher das Doppelte der thatsächlichen Nadelablenkung angiebt.

Die Wheatstone'sche Brücke. — Die Einrichtung dieses für genaue Stromes- und Widerstandsmessungen sehr wichtigen, aus künstlichen Widerständen und einem empfindlichen Galvanometer zusammengestellten Systems ist in Fig. 63 skizzirt:

Auf einem Brett sind zwischen Messingsäulchen mit Klemmschrauben die ein Parallelogramm bildenden Drähte *ab*, *bd*, *ac* und *cd* aufgespannt. Die letzteren beiden, bei *ef* und *x* unterbrochen, nehmen zwischen ihre freien Enden einerseits einen regulirbaren, künstlichen Widerstand (Rheostaten), anderseits den Leiter, dessen Widerstand *W* zu bestimmen ist, auf. Sind die Punkte *a* und *d* mit den Polen einer aus wenigen Elementen bestehenden Untersuchungsbatterie verbunden, so wird durch den Uebergangsdraht *bc* (die Brücke), in welche das Galvanometer geschaltet ist, kein Strom gehen, d. h. die Nadel wird auf 0 zeigen, sobald die Producte aus den gegenüberliegenden Widerständen einander gleich sind. Umgekehrt muss, wenn die Nadel auf 0 steht, $bd \, . \, R = ab \, . \, W$ und $W = \frac{bd \, . \, R}{ab}$ sein. (Vgl. Aufgabe 3 S. 94.)

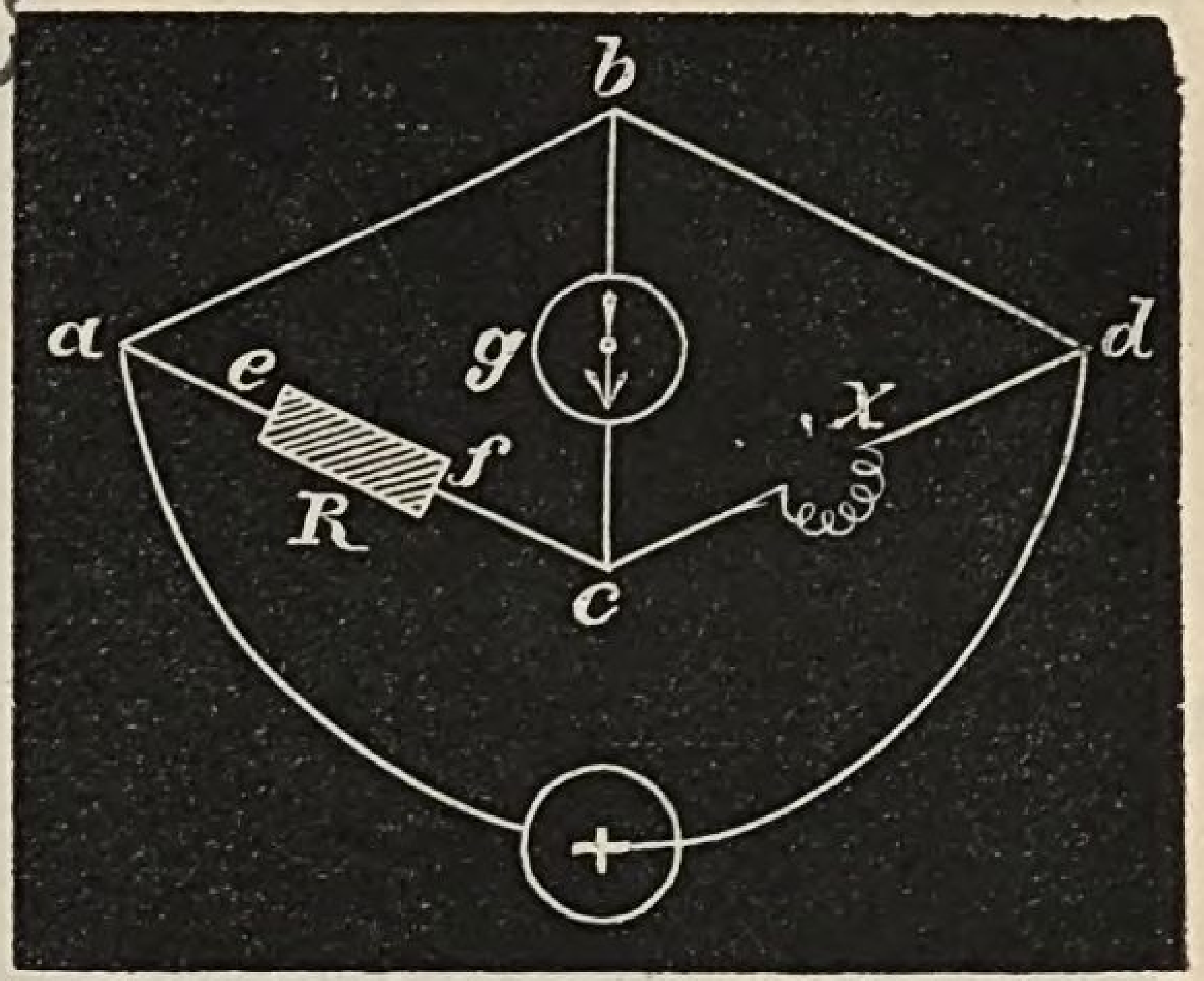


Fig. 63.

Will man den Widerstand des zwischen *c* und *x* geschalteten Leiters nur durch *R* bestimmen, so sind die Widerstände der Drähte *ab* und *bd* gleich zu machen.

Für die Wheatstone'sche Drahtcombination findet auch die in Fig. 64 gegebene Schaltung häufig Verwendung: Zwischen den beiden Klemmen *A* und *B* ist ein Platindraht von 1 m Länge ausgespannt. Diesem parallel liegt die in Centimeter oder Millimeter getheilte Messingschiene MM_1. Beide verbindet leitend ein auf ihnen verschiebbarer Metallsteg.

An der Metallklemme *K* sind 3 Verbindungen herzustellen: Zunächst schaltet man zwischen dieselbe und Klemme *A* den zu messenden Widerstand *X*; die zweite Verbindung ist zur Messbatterie zu führen, deren anderer Pol an *M* gelegt wird; drittens ist zwischen die Klemme *K* und *B* ein bekannter Widerstand zu schalten.

In der eigentlichen Brücke, welche die Spannungsdifferenz zwischen *A* und *B* auszugleichen hat, liegen die Umwindungen des sehr empfindlichen Galvanometers *G*.

Der Batteriestrom verzweigt sich bei K in die Leiter X und R (entsprechend den Widerständen cd und bd in Fig. 63); von A aus fliesst ein Stromtheil durch das Galvanometer, ein anderer durch den Abschnitt AC des Platindrahtes (in Fig. 63 von c nach b und a). Im Punkte B vereinigen sich die 3 Leiter R, AGB und BC (in Fig. 63 von b aus bezw. bd, bc und ab). Die Rückleitung des Stromes endlich zum negativen Batteriepole vermittelt von C aus (in Fig. 63 Punkt a) der gleitende Steg und die Messingschiene ohne irgend welchen in Betracht kommenden Widerstand.

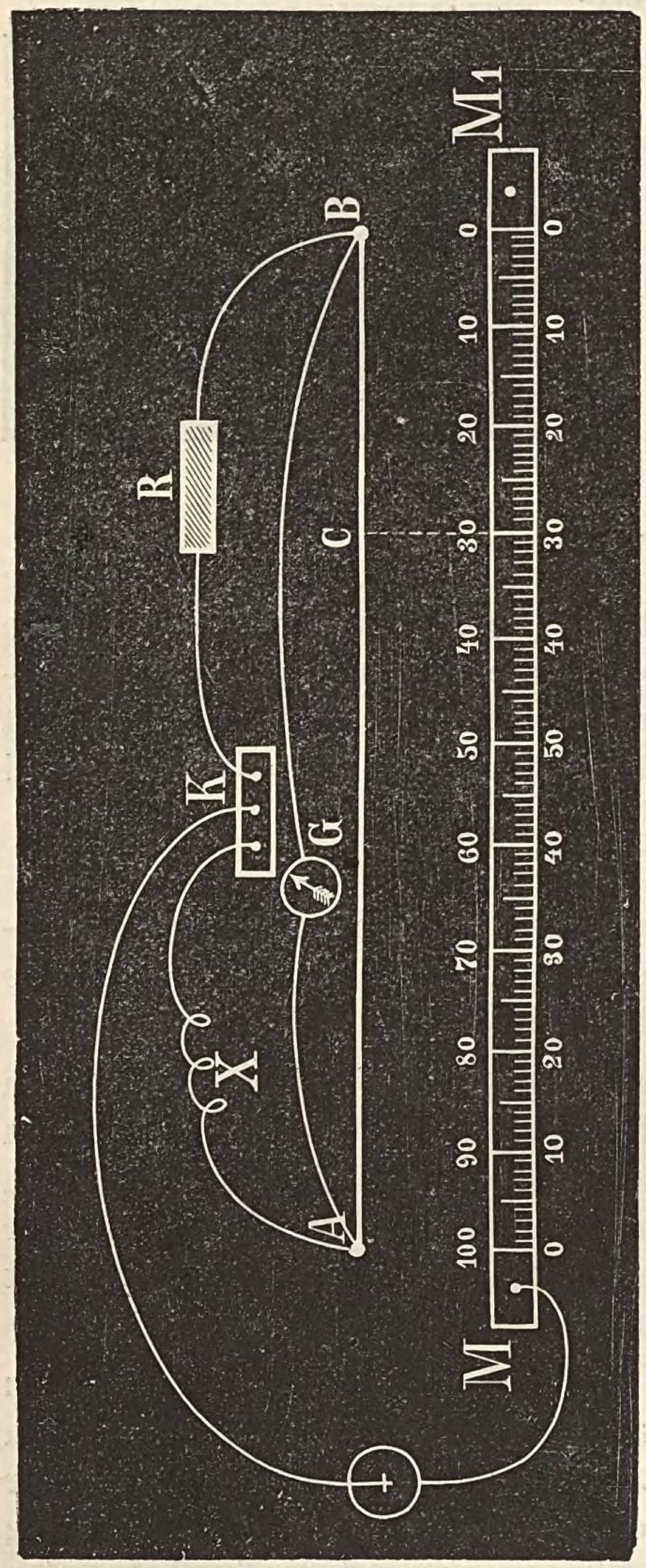


Fig. 64.

Wird der Steg so lange verschoben, bis die Galvanometernadel auf 0° zeigt, so ist:

$$BC \,.\, X = AC \,.\, R$$

$$X = \frac{AC \,.\, R}{BC}.$$

Steht die Nadel bei der in Figur 64 angedeuteten Lage des Steges auf 0°, so verhält sich:

$$AC : BC = 70 : 30$$

$$AC = \frac{70\ BC}{30} = \frac{7\ BC}{3}$$

$$X = \frac{7 BC \,.\, R}{3\ BC} = \frac{7\ R}{3}.$$

Will man eine Controlemessung anstellen, so lässt sich dieselbe am Einfachsten durch Vertauschung von X und R bewirken. Hat man hierbei, um für die Punkte A und B gleiche elektrische

Spannungen zu erhalten, d. h. die Brücke stromlos zu machen, den Steg auf einen andern Punkt des Platindrahtes, bezw. der Scala, welcher mit D bezeichnet werden soll, verschieben müssen, so ist jetzt:

$$AD \,.\, X = BD \,.\, R$$

$$X = \frac{BD \,.\, R}{AD}.$$

Ist $\frac{AC}{BC} = \frac{BD}{AD}$, dann müssen die für X ermittelten Werthe richtig sein. Anderen Falles ergiebt die Differenz von $\frac{AC}{BC}$ und $\frac{BD}{AD}$ die Grösse der etwaigen Beobachtungsfehler.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass man bei Anwendung des eben besprochenen Systems den zur Vergleichung einzuschaltenden bekannten Widerstand R am Vortheilhaftesten so wählt, dass er dem voraussichtlichen Widerstande von X möglichst gleichkommt; dann wird auch der Steg von der Mitte des Platindrahtes nicht zu weit zu entfernen sein, um die Brücke stromlos zu erhalten. Je geringer aber die Längenunterschiede der durch den Steg gebildeten zwei Abtheilungen des Platindrahtes sind, desto geringer müssen die Beobachtungsfehler werden.

Für Messungen grösserer Widerstände (z. B. von Telegraphenleitungen) ist die Anordnung des Wheatstone'schen Systems nach Fig. 65 am zweckmässigsten.

Eine gemeinschaftliche Grundplatte, welche auf dem Boden eines bequem transportablen, verschliessbaren Kastens festgeschraubt ist, trägt:

1. das Galvanometer mit astatischer Nadel,
2. die Taste J,
3. den Commutator U mit der Leitungsschiene L,
4. den kleineren Rheostaten W_1 und
5. den grösseren Rheostaten W_2.

Die Widerstandsrollen der beiden Rheostaten befinden sich in einem Kasten. Welche Widerstände durch Stöpselung eingeschaltet werden können, ergiebt sich aus der ersichtlich gemachten Bezeichnung der Stöpsellöcher.

Liegt an Schiene C des Commutators der Kupferpol und an Z der Zinkpol der Messbatterie, so wird, je nachdem die

Löcher 1 und 2 oder 3 und 4 gestöpselt sind, negativer oder positiver Strom in das Messsystem geschickt. Derselbe tritt über die zwischen C und Z liegende Schiene zu der die beiden Widerstandsreihen im Rheostaten W_1 vereinigenden Klemme v; der Stromzweig, welcher die oberen Widerstandsreihen des Rheostaten W_1 durchfliesst, gelangt über die Klemme L am Commutator in die Leitung, während der Stromzweig der unteren Widerstandsreihe bei v_1 in den grösseren Rheostaten W_2 tritt und über die mit einer Erdleitung zu versehende Schiene E des Commutators zur Erde abfliesst.

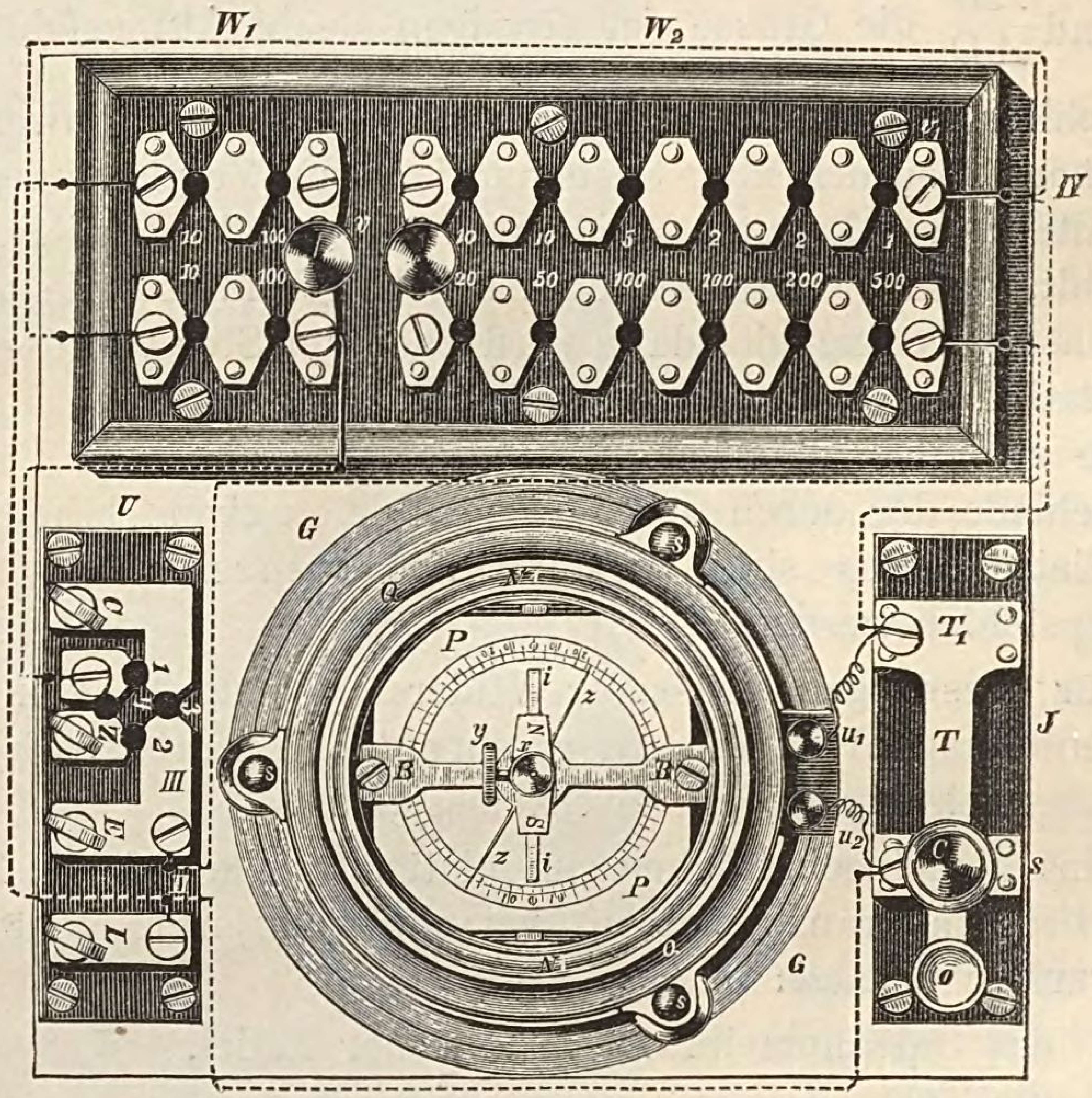


Fig. 65.

Die eigentliche Brücke, in welche das Galvanometer eingeschaltet ist, verbindet — wie aus der in Fig. 66 gegebenen Stromlaufskizze noch deutlicher ersichtlich — die Leitungsschiene L und den vorher erwähnten Punkt v_1.

Zur leichteren Orientirung sind sowohl in Figur 65 als in der zugehörigen Stromlaufskizze die Knotenpunkte der Stromverzweigungen noch gleichmässig mit römischen Zahlen bezeichnet.

Die Taste *J*, welche das Galvanometer* aus- und einzuschalten hat, besteht aus dem mit einem Druckknopf *o* versehenen Hebel *T*, an dessen hinterem Querstück T_1 eine Klemme die Zuleitung zum Anfange v_1 der Rollenwiderstände des Rheostaten W_2 und gleichzeitig das eine Ende des Galvanometerdrahtes aufnimmt. Das andere Ende des letzteren, sowie ein zur Schiene *L* führender Verbindungsdraht liegt an der Klemme der bügelartig geformten Tastenschiene *S*, gegen

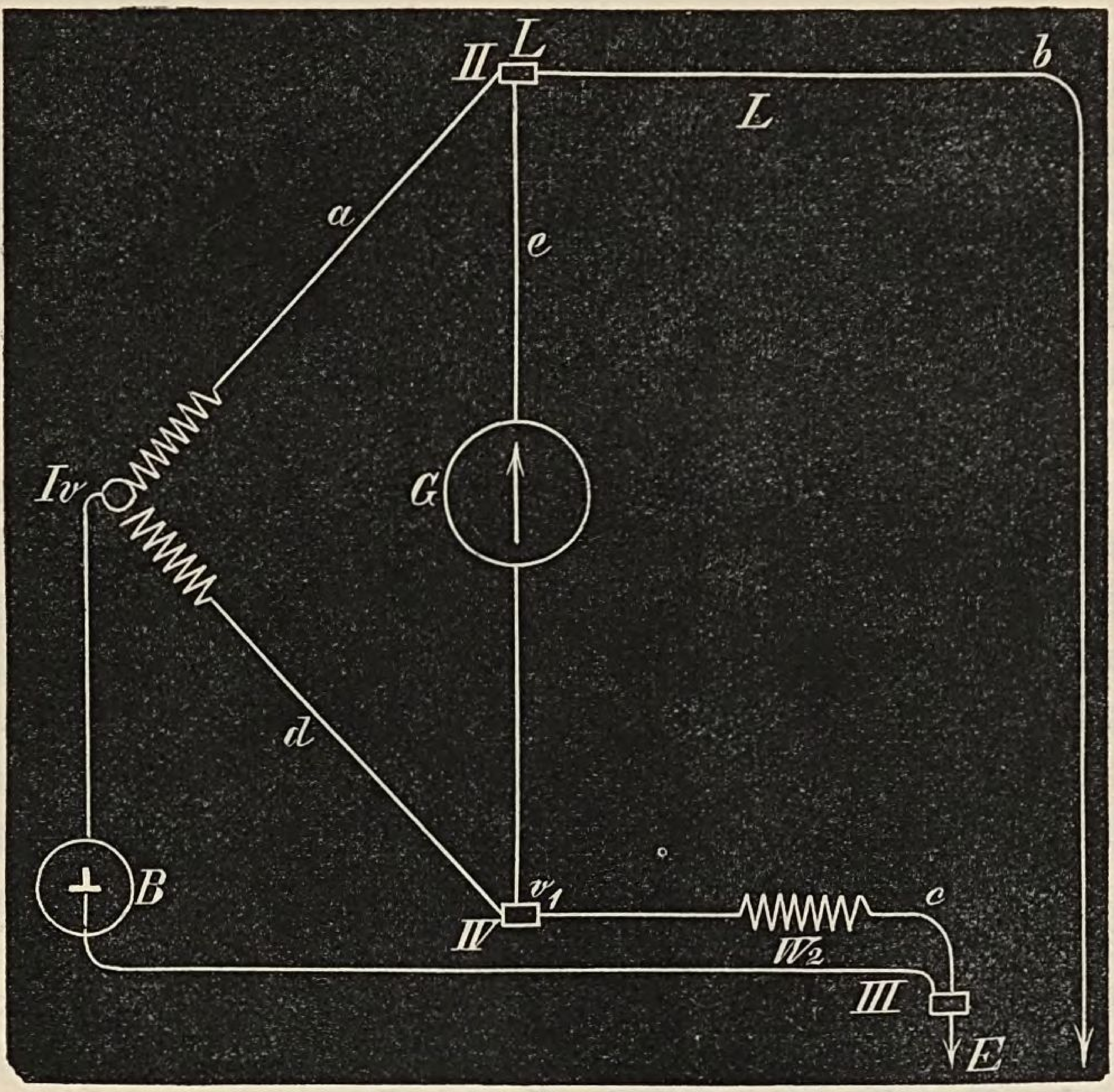


Fig. 66.

deren von oben eingeschraubten Contactstift *C* der federnde Tastenhebel *T* im Zustande der Ruhe anliegt. Soll nach entsprechender Regulirung der Rheostaten eine Stromesaus-

* Der kupferne, mit Seide umsponnene Galvanometerdraht ist mit etwa 5000 Umwindungen auf zwei im Querschnitt länglich geformte Messingspulen gewickelt und hat einen Widerstand von etwa 1500 *S. E.* Seine Enden sind an die isolirten Klemmen u_1 und u_2 geführt. Zwischen den Drahtwindungen hängt die eine und über der mit einer Gradeintheilung versehenen, die Drahtspulen bedeckenden Pappscheibe *PP* die andere Nadel des astatischen Systems. Das durch ein Aluminiumstück verbundene Nadelpaar ist mittels

gleichung zwischen den Punkten II und IV (L und v_1) bezw. die Stromlosigkeit der Brücke nachgewiesen werden, so ist die durch den Tastenhebel T hergestellte directe Verbindung aufzuheben und durch Niederdrücken des Knopfes o das Galvanometer in die Brücke einzuschalten.

Bei einem von der Firma Hartmann & Braun zum Messen von Erdleitungswiderständen hergestellten Brückensystem ist statt des Galvanometers G ein Fernhörer in die Brücke geschaltet, und statt des Batteriegleichstromes durchfliessen Inductionsströme die Zweigleitungen. Die Zweige a und d (Fig. 66) bilden einen zusammenhängenden, kreisförmig gebogenen calibrirten Draht, auf welchem der Endpunkt I mittels Schleifcontacts beweglich ist; der Widerstand W_2 besteht aus einer bifilar gewickelten Rolle von 1 *S. E.* Die für jede Messung erforderlichen zwei Erdleitungen werden an Klemmen bei II und III, die Enden der secundären Umwindungen des Inductors an Klemmen bei I und III gelegt.

Der Draht ad und die Widerstandsrolle W_2 befinden sich in dem Gehäuse des Dosenfernhörers. Die Rückseite des letzteren trägt eine mit Theilung versehene drehbare Scheibe, mit welcher der Schleifcontact des Endpunktes I in leitender Verbindung steht. Durch Drehen der Scheibe wird der Endpunkt I verschoben und dadurch das Widerstandsverhältniss zwischen den Zweigen a und d geändert. Die Zahlenwerthe für das jeweilige Widerstandsverhältniss $\frac{a}{d}$ sind an der auf der Scheibe vorhandenen Theilung zu erkennen. Sobald bei entsprechender Stellung der Scheibe das durch die Inductionsströme im Fernhörer erzeugte Geräusch verstummt, ist

$$\frac{a}{d} = \frac{x}{w_2}$$

eines feinen Kokonfadens an dem unteren Ende des Stiftes x aufgehängt. Letzterer ist in einer durch die Mitte der auf Messingständern ruhenden Querverbindung BB gehenden Hülse verschiebbar angebracht und wird nach ertheilter richtiger Stellung — bei welcher die Nadeln sich frei bewegen müssen — durch die Schraube y festgestellt.

Das Galvanometer ist mit einem Glascylinder umgeben und dieser durch eine in der Mitte durchbohrte Glasscheibe bedeckt. Aus letzterer ragt der Knopf des Stiftes x, die seitliche Schraube y und ein kleiner, auf dem Stifte x beweglicher Richtmagnet NS heraus, welcher dazu dient, die obere Nadel zz auf die Nullpunkte der Gradeintheilung einzustellen.

und da $W_2 = 1$

$$\frac{a}{d} = x.$$

Der Inductionsapparat mit Wagner'schem Hammer, sowie die aus zwei Trockenelementen bestehende Batterie sind in einem tragbaren Kasten, in welchem sich gleichzeitig ein Fach für den Fernhörer mit der Messbrücke befindet, untergebracht.

Elektrodynamometer. — Bei diesen Instrumenten befindet sich im Multiplicatorringe statt der Magnetnadel eine kleine Drahtrolle an zwei parallelen feinen Metalldrähten (bifilar) so aufgehängt, dass die Achse der letzteren der Kreisfläche des grösseren Multiplicators parallel, bezw. in derselben liegt. Ein Strom, der beide Rollen, den äusseren Multiplicator und die in demselben hängende kleinere Drahtrolle durchfliesst, ist bestrebt, die Achse der letzteren zur Ebene des grösseren Drahtringes senkrecht zu stellen. Die Tangente des Ablenkungswinkels ist dem Quadrat der Stärke jenes Stromes proportional.

Wird die Stromesrichtung in beiden Rollen gewechselt, so bleibt die Richtung der Ablenkung für die bewegliche Rolle ungeändert. Das Elektrodynamometer eignet sich daher auch zur Bestimmung der Intensität von Inductionsströmen.

Methoden zur Bestimmung der Constanten galvanischer Elemente. — 1. Die Ohm'sche Methode. Man schliesst das Element, dessen Constanten* (elektromotorische Kraft und Widerstand) man bestimmen will, durch eine Tangenten-Bussole. (Die Zuleitungsdrähte müssen gut leiten, damit der ausserwesentliche Widerstand vernachlässigt werden kann.)**

Bezeichnen wir den für die Stromstärke erhaltenen Werth mit S, so ist nach dem Ohm'schen Gesetze:

$$S = \frac{e}{w} \qquad \text{I.}$$

(e bedeutet die elektromotorische Kraft und w den Widerstand des Elementes).

* Für ein und dasselbe Element feststehende Factoren.

** Will man bei der Messung ganz genau verfahren, so hat man von dem für w erhaltenen Werthe noch den Widerstand des Bussolendrahtes (für gewöhnliche Tangenten-Bussole etwa 0,15 $S. E.$) abzuziehen.

Wird hierauf in jenen Stromkreis ein bekannter Widerstand R geschaltet und die jetzt mit der Tangenten-Bussole gemessene Stromstärke mit S_1 bezeichnet, so ist

$$S_1 = \frac{e}{w + R} \qquad \text{II.}$$

Aus diesen beiden Gleichungen lassen sich die unbekannten Grössen e und w durch die bekannten S, S_1 und R bestimmen.

Aus Gleichung I ergiebt sich:

$$e = wS.$$

Aus Gleichung II:

$$e = (w + R)\, S_1.$$

Setzen wir diese beiden Werthe für e einander gleich:

$$wS = (w + R)\, S_1$$

$$(S - S_1)\, w = RS_1$$

$$w = \frac{RS_1}{S - S_1}$$

$$e = \frac{RSS_1}{S - S_1}$$

Wurde die Nadel der Tangenten-Bussole durch den Strom S um den Winkel α, durch den Strom S_1 um den Winkel β abgelenkt und bezeichnet C den Reductionsfactor der Bussole, so ist:

$$S = C \operatorname{tang} \alpha$$

$$S_1 = C \operatorname{tang} \beta$$

$$w = \frac{R \operatorname{tang} \beta}{\operatorname{tang} \alpha - \operatorname{tang} \beta}\,*$$

$$e = \frac{R \,.\, C \operatorname{tang} \alpha \,.\, \operatorname{tang} \beta}{\operatorname{tang} \alpha - \operatorname{tang} \beta}$$

Ist bei der ersten Messung der Strom sehr stark, so dass entweder die Zuleitungsdrähte erwärmt werden, oder die Nadelablenkung zu bedeutend wird, so schaltet man am sichersten bald einen bekannten Widerstand L in den Stromkreis.

* Setzt man $\frac{\sin \beta}{\cos \beta} = \operatorname{tang} \beta$ und $\frac{\sin (\alpha - \beta)}{\cos \alpha \,.\, \cos \beta} = \operatorname{tang} \alpha - \operatorname{tang} \beta$, so erhält man die für das Rechnen mit Logarithmen bequemeren Formeln:

$$w = \frac{R \sin \beta \cos \alpha}{\sin (\alpha - \beta)} \text{ und } e = \frac{R \,.\, C \sin \alpha \sin \beta}{\sin (\alpha - \beta)}$$

Dann ist:

$$S = \frac{e}{w + L} \qquad \text{I.}$$

Vergrössert man diesen Widerstand, so dass er gleich R wird, so ist:

$$S_1 = \frac{e}{w + R} \qquad \text{II.}$$

Nach Gleichung I ist:

$$e = (w + L)\, S.$$

Nach Gleichung II:

$$e = (w + R)\, S_1.$$

Setzt man beide Werthe für e einander gleich, so ergiebt sich:

$$(w + L)\, S = (w + R)\, S_1$$

$$w\,(S - S_1) = R S_1 - L S$$

$$w = \frac{R S_1 - L S}{S - S_1} = \frac{R \operatorname{tang} \beta - L \operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang} \alpha - \operatorname{tang} \beta}$$

$$e = \frac{(R - L)\, S S_1}{S - S_1} = \frac{(R - L)\, C \operatorname{tang} \alpha \,.\, \operatorname{tang} \beta}{\operatorname{tang} \alpha - \operatorname{tang} \beta}.$$

Um nach der Ohm'schen Methode die elektromotorische Kraft in der Einheit „Volt“, d. i. derjenigen Krafteinheit zu bestimmen, welche im Leiter von 1 Ohm Widerstand die Stromstärke 1 Ampère hervorbringt, würde der Werth für L und R in Ohm-Einheiten auszudrücken und $C = \frac{10\, r\, H}{2 n \pi}$ zu setzen sein (vgl. S. 110).

Beispiel: Ein Zink-Kohlenelement wurde durch einen Rheostaten und eine Tangenten-Bussole, deren Drahtring 11,4 cm Durchmesser und 8 Umwindungen hatte, geschlossen. Bei Einschaltung von $L = 19$ Ohm Rheostatenwiderstand betrug der Nadelausschlag an der Bussole 20^0; derselbe verminderte sich auf 14^0, als im Rheostaten $R = 28$ Ohm Widerstand eingeschaltet wurde. Der Widerstand der Bussole ist zu vernachlässigen. Wie gross sind elektromotorische Kraft und Widerstand des Elementes?*

$$e = \frac{(R - L)\, C \operatorname{tang} \alpha \,.\, \operatorname{tang} \beta}{\operatorname{tang} \alpha - \operatorname{tang} \beta}$$

* Die elektromotorische Krafteinheit Volt wird in einem geradlinigen Leiter von 1 cm Länge an einem Orte, wo die magnetische Kraft Eins herrscht, inducirt, wenn dieser Leiter mit der Geschwindigkeit von 1 cm pro

$$C = \frac{10 \,.\, 5{,}7 \,.\, 0{,}178}{2 \,.\, 8 \,.\, 3{,}1416} = 0{,}2$$

$$e = \frac{9 \,.\, 0{,}2 \operatorname{tang} 20^0 \,.\, \operatorname{tang} 14^0}{\operatorname{tang} 20^0 - \operatorname{tang} 14^0} = 1{,}4 \text{ Volt}$$

$$w = \frac{R \operatorname{tang} \beta - L \operatorname{tang} \alpha}{\operatorname{tang} \alpha - \operatorname{tang} \beta}$$

$$= \frac{28 \operatorname{tang} 14^0 - 19 \operatorname{tang} 20^0}{\operatorname{tang} 20^0 - \operatorname{tang} 14^0} = 0{,}6 \text{ Ohm.}$$

2. Widerstandsbestimmung mit Hilfe des Differential-Galvanometers. Man verbindet 3 Elemente derselben Gattung (also mit annähernd gleichen Constanten) nach der in Figur 67 gegebenen Schaltungsweise mit dem Differential-Galvanometer und einem Rheostaten.

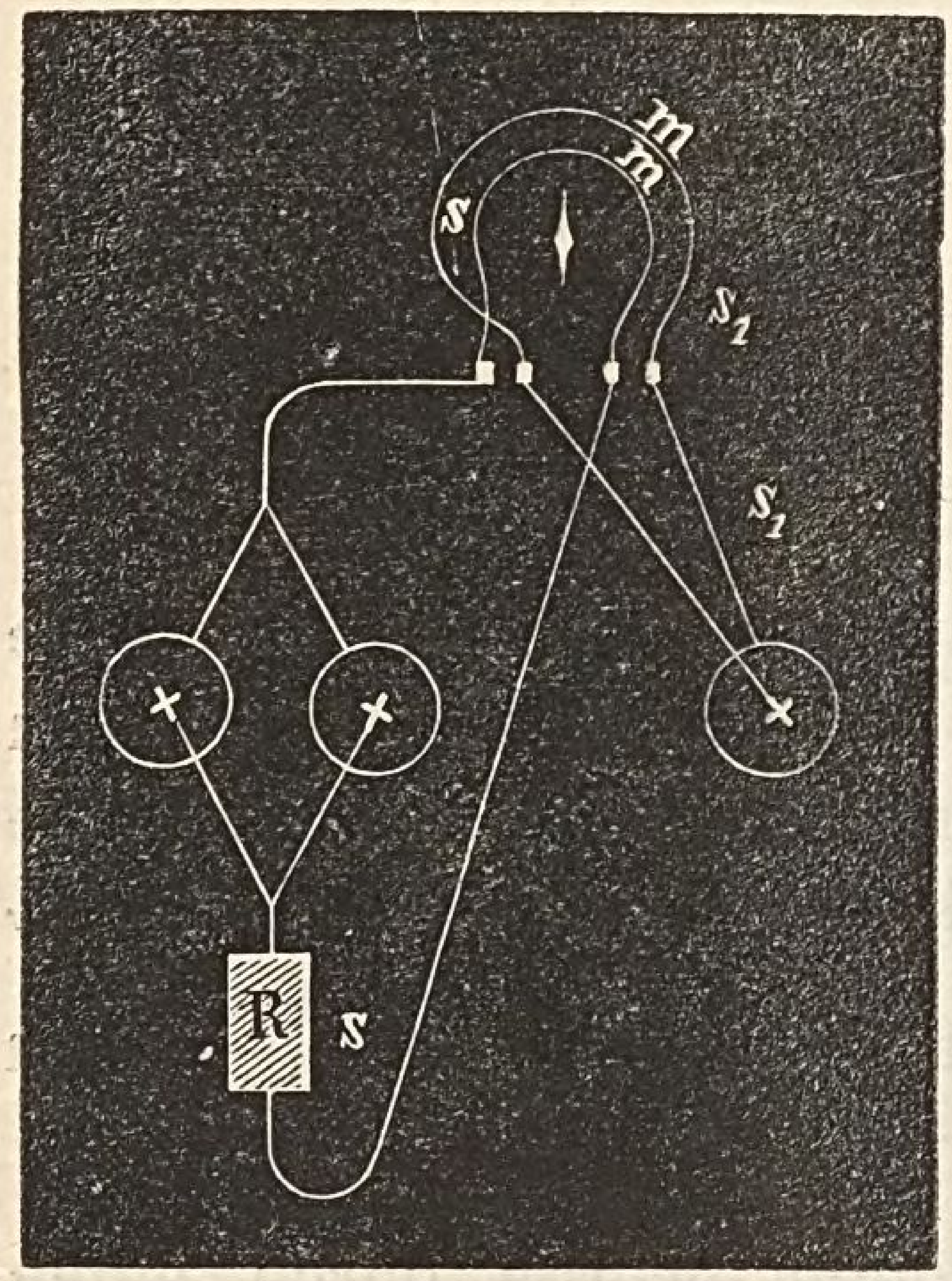


Fig. 67.

Im Stromkreise der beiden parallel geschalteten Elemente ist

$$S = \frac{e}{\frac{w}{2} + R + m},$$

im Stromkreise des einzelnen Elementes:

$$S_1 = \frac{e}{w + m}.$$

Ist R so regulirt, dass die Galvanometernadel auf 0^0 zeigt, so ist:

$$S = S_1$$

$$\frac{e}{\frac{w}{2} + R + m} = \frac{e}{w + m}$$

$$\frac{w}{2} + R + m = w + m$$

$$w = 2R.$$

Secunde senkrecht zu der Ebene bewegt wird, welche durch den Leiter und den die magnetische Kraft Eins hervorrufenden Magnetpol gelegt zu denken ist. Da diese Einheit aber für praktische Zwecke zu klein erschien, hat der internationale Congress der Elektriker in Paris die praktische Einheit Volt $= 10^8$ absolute Einheit gesetzt.

3. Die Manze'sche Methode. Manze schaltet das Element, dessen Constanten er bestimmen will, nach Figur 68 zwischen die Punkte *C* und *B*, einen Rheostaten *R* zwischen *B* und *D*, eine Vorrichtung zum Oeffnen und Schliessen des Stromweges *CD* in denselben und verbindet endlich die Umwindungsenden eines empfindlichen Galvanometers mit den Punkten *A* und *B*. Wenn der Rheostat *R* so regulirt ist, dass das Oeffnen und Schliessen des Stromweges *CD* auf den Strom im Drahte *AGB* ohne Einfluss bleibt, sind — wie sich aus den Bosscha'schen Sätzen (vgl. S. 91) ergiebt — in dem von Widerständen gebildeten Viereck *ACBD* die Producte aus den gegenüberliegenden Seiten einander gleich.

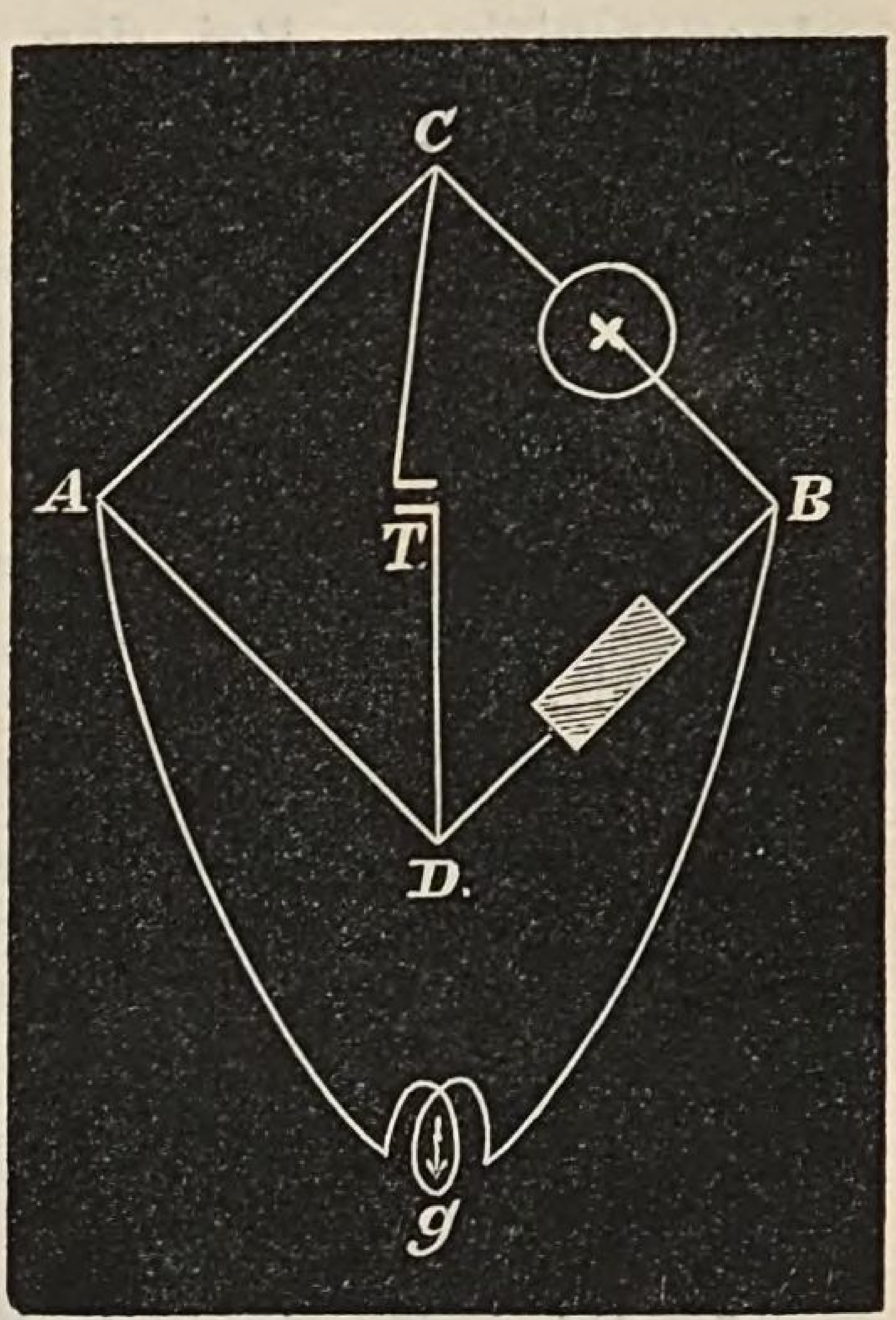


Fig. 68.

Wenn also ein Niederdrücken des Tastenhebels *T* die bestehende Ablenkung der Galvanometernadel *G* nicht zu verändern vermag, dann ist

$$CB \,.\, AD = DB \,.\, AC.$$

CB ist aber der Widerstand des Elementes und *DB* der des Rheostaten *R* (vorausgesetzt, dass der Widerstand der Verbindungsdrähte des Elementes und des Rheostaten = 0 ist).

Bezeichnen wir den zu suchenden Widerstand des Elementes mit *w*, so ist derselbe:

$$w = \frac{R \,.\, AC}{AD}.$$

Das Verhältniss der Widerstände $\frac{AC}{AD}$ muss selbstverständlich bestimmt sein. Ist $AC = AD$ gemacht, dann wird:

$$w = R.$$

Die nachfolgenden Methoden gelten der Bestimmung bezw. Vergleichung elektromotorischer Kräfte.

4. Die Fechner'sche Methode No. I. Zwei galvanische Elemente, deren elektromotorische Kräfte mit einander ver-

glichen werden sollen, werden in den Schliessungskreis, welcher eine Tangenten-Bussole und einen feststehenden Widerstand r enthält, hintereinander erst so eingeschaltet, dass sich ihre Ströme addiren, dann so, dass sie einander entgegenwirken. Bei der ersten Verbindung wird Strom von der Intensität:

$$S = \frac{e + e_1}{w + w_1 + r},$$

bei der zweiten von der Intensität:

$$S_1 = \frac{e - e_1}{w + w_1 + r}$$

entwickelt.

$$e + e_1 : e - e_1 = S : S_1$$
$$(e + e_1)\, S_1 = (e - e_1)\, S$$
$$e_1\, (S + S_1) = e\, (S - S_1)$$
$$e_1 = \frac{S - S_1}{S + S_1}\, e.$$

5. Die Fechner'sche Methode No. II. Wenn die durch zwei verschiedene Elemente (Normalelement und zu messendes Element) erzeugten Ströme zwei Schliessungskreise von gleichem und so hoch zu bemessendem Widerstande durchfliessen, dass diesem gegenüber der wesentliche Widerstand der Elemente gleich Null angenommen werden kann, so verhalten sich die Stromstärken wie die bezüglichen elektromotorischen Kräfte.

Haben wir also für ein Element

$$S = \frac{e}{w + R} \qquad \text{I.}$$

und für ein zweites:

$$S_1 = \frac{e_1}{w_1 + R} \qquad \text{II.}$$

so wird, wenn w und w_1 gegen R verschwinden, aus den beiden Gleichungen:

$$S = \frac{e}{R} \qquad \text{I.}$$

$$S_1 = \frac{e_1}{R} \qquad \text{II.}$$

Nach Gleichung I ist:

$$R = \frac{e}{S}$$

nach Gleichung II:

$$R = \frac{e_1}{S_1}$$

folglich:

$$\frac{e}{S} = \frac{e_1}{S_1}$$

$$e_1 = \frac{e\,S_1}{S}.$$

6. Die Poggendorff'sche Compensations-Methode. Bei dieser Methode werden die beiden Elemente, deren elektromotorische Kräfte mit einander verglichen werden sollen, gegeneinander geschaltet. Man verbindet zu diesem Zwecke nach Figur 69 den negativen Pol des Normal-Elementes B mit demselben Pole des Elementes A, dessen elektromotorische Kraft zu bestimmen ist, und jeden positiven Pol mit je einem Umwindungsende des Galvanometers G. Schaltet man endlich zwischen C und D einen Rheostaten, so ist nach dem ersten Kirchhoff'schen Gesetze:

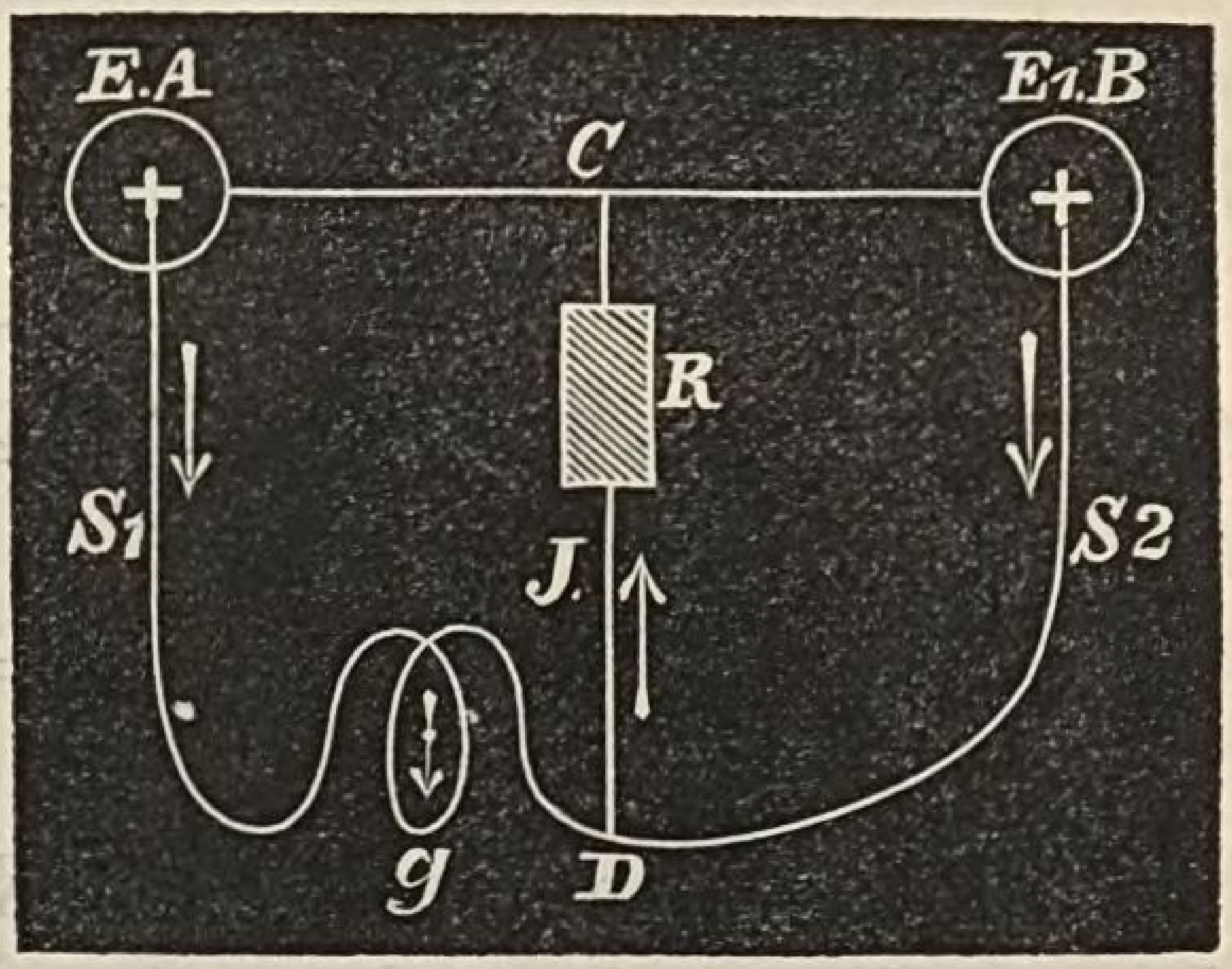


Fig. 69.

$$J = S_1 + S_2 \qquad \text{I.}$$

(wenn J die Stromstärke im Drahte CD, S_1 die in CAD und S_2 die in CBD bedeutet).

Nach dem zweiten Kirchhoff'schen Gesetze ist, wenn wir mit l_1 den Widerstand des Elementes A vermehrt um den des Galvanometers und des Drahtstückes AC, mit l_2 den des Elementes B und der Verbindungsdrähte desselben mit C und D, mit E die elektromotorische Kraft des Elementes A, welche zu bestimmen ist, und mit E_1 die des Normal-Elementes B bezeichnen, in der geschlossenen Figur $ACDG$:

$$l_1\,S_1 + RJ = E \qquad \text{II.}$$

in der geschlossenen Figur CBD:

$$l_2\,S_2 + RJ = E_1 \qquad \text{III.}$$

Wenn nun R so regulirt ist, dass die Nadel des Galvanometers G nicht abgelenkt wird, d. h. dass $S_1 = 0$ ist, so wird aus Gleichung I:

$$J = S_2$$

aus Gleichung II:

$$E = RJ = RS_2$$

aus Gleichung III:

$$E_1 = (l_2 + R)\, S_2$$

oder wenn wir aus beiden Gleichungen S_2 ausrechnen:

$$S_2 = \frac{E}{R} \text{ und}$$

$$S_2 = \frac{E_1}{l_2 + R}$$

$$\frac{E}{R} = \frac{E_1}{l_2 + R}$$

$$E = \frac{RE_1}{l_2 + R}$$

Die elektromotorischen Kräfte der im Früheren beschriebenen Elemente stehen etwa in folgendem Verhältniss zu einander:

Daniell'sches	Element	= 1
Bunsen'sches	„	= 1,6
Grove'sches	„	= 1,7
Marié-Davy's	„	= 1,3
Leclanché's	„	= 1,4.

Theorien der Entstehung des Galvanismus. — Bei Besprechung der galvanischen Elektricität haben wir als Ursache derselben die Berührung der Elektricitätserreger und — nach Helmholtz — die hierbei verschieden stark wirkende Anziehung der verschiedenen Metalle auf die beiden elektrischen Fluida angenommen. Dieser Theorie — der sogenannten Contacttheorie — treten Diejenigen entgegen, nach deren Ansicht die Elektricitäts-Erregung eine Folge chemischer Action ist.

Die erste vollständig ausgebildete chemische Theorie ist die von de la Rive. Sie ist in folgenden Sätzen ausgesprochen:*

1. Wenn zwei ungleichartige (heterogene) Körper in eine Flüssigkeit oder ein Gas gebracht werden, welches auf beide, oder auch nur auf eins von ihnen chemische Wirkung ausübt, so findet Elektricitäts-Entwickelung statt.

2. Wenn die beiden sich berührenden Körper durch das Gas oder die Flüssigkeit, in welche sie gebracht sind, keine chemische Einwirkung erfahren, so findet keine Elektricitäts-Entwickelung statt, wenigstens dann nicht, wenn keine Wärmewirkung oder mechanische Wirkung stattfand.

3. Die durch die chemische Wirkung erregte Elektricität hat keineswegs in allen Fällen und unter allen Gestalten eine der Lebhaftigkeit dieser chemischen Wirkung proportionale Intensität, vielmehr ändern vorzüglich zwei Umstände diese Intensität ab, nämlich die unmittelbare, mehr oder weniger beträchtliche Wiedervereinigung der beiden elektrischen Principien und die eigenthümliche Natur der die Elektricität erregenden chemischen Wirkung.

 Der chemisch angegriffene Körper wird dabei negativ elektrisch, der angreifende positiv.

Den beiden bisher angeführten Theorien gegenüber ist als dritte noch die von Schönbein zu erwähnen. Nach ihm findet Elektricitäts-Entwickelung ebenfalls nur zwischen Metallen und Elektrolyten, aber auf Grund einer chemischen Anziehung und darauf folgenden Influenzwirkung statt. Er nimmt an, dass, wenn man z. B. chemisch reines Zink in Wasser

* Wüllner, Bd. IV., S. 796. 1886.

taucht, jenes den negativen Sauerstoff aus dem Wasser anzieht, und dass nun der Sauerstoff das Zink so influenzire, dass das in das Wasser tauchende Ende positiv, das aus dem Wasser hervorragende Ende negativ elektrisch wird. An einem anderen Metalle, welches den Sauerstoff weniger anzieht und mit dem Zink gleichzeitig in's Wasser getaucht ist, wird der positive Wasserstoff abgelagert, welcher das Metall influenzirt, so dass das in das Wasser tauchende Ende dieses Metalles negativ und das herausragende positiv elektrisch wird.

Jede dieser drei Theorien hat ihre Anhänger und ihre Gegner. Welche als maassgebend einst die übrigen verdrängen wird, oder ob überhaupt einmal durch eine dieser Theorien alle Erscheinungen der Elektricitäts-Erregung hinlänglich erklärt werden können, muss der Zukunft überlassen bleiben.

Elektrolyse. — Nach Faraday werden die Drähte oder Platten, durch welche der Strom in die zu zersetzende Flüssigkeit (das Elektrolyt) ein- und aus derselben heraustritt, Elektroden genannt; diejenige, bei welcher der positive Strom in die Flüssigkeit eintritt, heisst die positive Elektrode oder Anode, jene, durch welche er aus der Flüssigkeit heraustritt, die negative Elektrode oder Kathode. Die Bestandtheile des Elektrolytes heissen Ionen, und zwar ist unter Anion das an der Anode frei werdende negative Ion, und unter Kation das an der Kathode frei werdende positive Ion zu verstehen.

Dass neben den elektrochemischen Wirkungen secundäre Erscheinungen beobachtet werden, welche auf die chemische Verwandtschaft der Bestandtheile des Elektrolytes zurückzuführen sind, ist ein Umstand, welcher selbstverständlich die elektrolytischen Untersuchungen erschwert. Es würde zu weit führen, hier alle die Vorrichtungen aufzuführen, welche von verschiedenen Physikern angewendet werden, um die rein chemischen Wirkungen für die elektrochemischen unschädlich zu machen. Am Einfachsten hilft man sich dadurch, dass man das Elektrolyt an der einen Elektrode von dem, welches die andere Elektrode umgiebt, durch ein Diaphragma trennt. Die zersetzten Bestandtheile der einen Zelle sind jetzt von denen der anderen geschieden und können chemische Ver-

bindungen mit einander nicht eingehen, so lange nicht durch Endosmose ein Austausch der Substanzen durch das Diaphragma stattfindet. Beim Durchgange des elektrischen Stromes durch Flüssigkeiten zeigt derselbe nämlich das Bestreben, die letzteren nach dem negativen Pole hinzutreiben. Diese, dem Diaphragma trotzende, mechanische Ueberführung der Elektrolyte vom positiven zum negativen Pole nennt man, wie oben erwähnt, Endosmose. Dieselbe findet nach folgenden Gesetzen statt:*

1. Für eine und dieselbe Flüssigkeit ist die in gleichen Zeiten auf die Seite des negativen Poles übergeführte Flüssigkeitsmenge der Stromstärke proportional.

2. Unter sonst gleichen Umständen ist die Ueberführung der Flüssigkeiten zum negativen Pole um so bedeutender, je grösser der Leitungswiderstand der Flüssigkeit ist.

Zu den secundären, rein chemischen Erscheinungen bei elektrolytischen Prozessen gehören vor Allem die Einwirkungen der Ionen auf die Elektroden. Wenn wir z. B. Kupfervitriol zwischen zwei Kupferblechen elektrolytisch zersetzen lassen, so begiebt sich der Sauerstoff als Anion an die Anode und löst dort so viel Kupfer auf, als an der Kathode metallisch niedergeschlagen wird (s. Kupfer-Voltameter S. 103).

Eine andere rein chemische Erscheinung wird oft am Knallgas-Voltameter beobachtet, wenn bei diesem die Platin-Platten einander zu sehr genähert sind. Es verbindet sich dann, wie schon S. 102 erwähnt, ein Theil des Sauerstoffs auf der Anode mit einem Theile des Wasserstoffs der Kathode. Das aufsteigende Knallgas entspricht dann nicht mehr der Menge der überhaupt entwickelten Gase.

Des Gasverlustes in Folge der Bildung von Wasserstoffsuperoxyd, auch einer rein chemischen Action, geschah ebenfalls (S. 102) bereits Erwähnung.

* Müller's Lehrbuch der Physik und Meteorologie, Bd. II., S. 333.

Faraday's elektrolytisches Gesetz.* — Bei Besprechung der Voltameter haben wir erfahren, dass die Menge des zersetzten Wassers der Stromstärke proportional ist.

Dieser Zusammenhang zwischen Stromstärke und chemischer Wirkung lässt annehmen, dass die Leitung eines Stromes durch Flüssigkeiten einzig und allein durch die Zersetzung derselben ermöglicht wird, dass also eine nicht zersetzbare Flüssigkeit den Strom überhaupt nicht leitet.

Schaltet man in den Stromkreis ausser einer Zersetzungszelle mit gesäuertem Wasser eine zweite mit einer anderen zersetzbaren Flüssigkeit, so zeigt sich, dass die Zersetzungsproducte in beiden Zellen einander proportional sind.

Aus dieser Proportionalität schloss Faraday, dass die früher sogenannten binären Verbindungen bei gleicher Stromstärke nach äquivalenten Mengen zersetzt werden, dass also derselbe Strom, welcher in einer gegebenen Zeit eine bestimmte Gewichtsmenge Wasser zersetzt, in derselben Zeit eine der zersetzten Wassermenge äquivalente Menge einer beliebigen anderen Verbindung zersetzt.

Beispiel 1:

Ein Knallgas-Voltameter und eine Zersetzungszelle mit Kupfervitriol als Elektrolyt wurden in einen Stromkreis geschaltet. Nach einer gewissen Zeit wurde der Strom unterbrochen. Es waren im Voltameter 10 Gramm Wasser zersetzt. Wie viel Kupfervitriol wurde in der anderen Zelle zersetzt?

Das Mischungsgewicht des Wassers ist 18 und das des Kupfervitriols 159,5. Es verhalten sich demnach die 10 Gramm Wasser zu den x Gramm (welche auszurechnen sind) Kupfervitriol, wie 18 : 159,5, daher:

$$x = \frac{10 \,.\, 159{,}5}{18}$$

$$x = 88{,}6 \text{ Gramm.}$$

Wie viel Kupfer ist an der Kathode niedergeschlagen worden?

* Wüllner, Bd. IV., S. 705. 1886.

In 159,5 Gramm Kupfervitriol ($Cu\ SO_4$) sind 63,5 Gramm Kupfer enthalten, daher:

$$159{,}5 : 63{,}5 = 88{,}6 : x$$

$$x = \frac{63{,}5 \cdot 88{,}6}{159{,}5} = 35{,}3 \text{ Gramm.}$$

Beispiel 2.

Als eine Platin- und eine Zinkplatte in verdünnte Schwefelsäure getaucht und beide Platten metallisch mit einander verbunden wurden, war nach einer bestimmten Zeit ein Zinkverbrauch von 32,5 Gramm festgestellt worden. Wie viel Wasserstoff muss in derselben Zeit an der Platinplatte aufgestiegen sein?

Die Aequivalentzahlen für Sauerstoff und Zink sind 16 und 65, d. h. wenn 65 Gramm Zink durch Sauerstoff oxydirt werden sollen, müssen 16 Gramm Sauerstoff aus dem Wasser elektrolytisch ausgeschieden werden. Mit 16 Gramm Sauerstoff werden aber auch 2 Gramm Wasserstoff frei. Nun sind bei dem angegebenen Versuche nur $\frac{65}{2} = 32{,}5$ Gramm Zink oxydirt worden, folglich müssen in derselben Zeit 8 Gramm Sauerstoff und 1 Gramm Wasserstoff aus $\frac{18}{2} = 9$ Gramm Wasser ausgeschieden worden sein.

Steht der Zinkverbrauch zu der Menge des zersetzten Wassers in einem anderen, als dem angeführten Verhältnisse, so ist dies dadurch zu erklären, dass ausser dem elektrolytischen und ihm proportional rein chemischen Processe an der Anode noch secundäre Actionen den Verbrauch von Zink beschleunigt haben. Vor diesen sogenannten Local-Wirkungen schützt man das Zink durch Amalgamiren.*

Während Faraday sein elektrolytisches Gesetz zunächst nur für binäre Verbindungen gültig hinstellte, zeigte Becquerel,

* Vor dem Amalgamiren sind die Zinkplatten unter Anwendung von Säure von Oxyd zu reinigen. Das Amalgamiren selbst geschieht, indem man die Platten in Quecksilber eintaucht, oder eine entsprechende Quantität Quecksilber mit einem Lappen auf denselben verreibt.

dass auch andere Verbindungen nach jenem Gesetze elektrolytisch gelöst werden.

Bei nicht zu grosser Stromintensität wird aus den Salzlösungen nur das Salz zersetzt. An der Kathode zeigt sich nur Metall ohne Wasserstoff; bei stärkeren Strömen aber scheidet sich mit dem Metalle gleichzeitig auch Wasserstoff an der negativen Elektrode ab.

Wenn mehrere Salze im Wasser gelöst dem elektrolytischen Processe ausgesetzt sind, so wird bis zu einer gewissen Stromintensität nur ein Salz zerlegt.

Siebenter Abschnitt.

A. Inductionsströme.

Magneto-Induction. — Wenn man in eine Drahtspirale einen Magnetstab schiebt, so wird in derselben ein elektrischer Strom erzeugt. Dieser Strom hört auf, wenn der Magnetstab in der Rolle ruht, entsteht aber von Neuem, sobald jener aus der Rolle wieder entfernt wird.

Beide Ströme — Magneto-Inductionsströme — unterscheiden sich durch ihre Richtung: Ersterer ist demjenigen elektrischen Strome entgegengerichtet, welcher beim Umkreisen eines Eisenstabes demselben die Polarität des hier benutzten Magnetstabes geben, oder welcher den in die Spirale geschobenen Magnetstab verstärken würde; letzterer — der Entfernungsstrom — ist dem elektrischen Strome, welcher den Magnetstab verstärken würde, gleichgerichtet.

Statt den Magnetstab abwechselnd in die Spirale zu schieben und aus ihr zu entfernen, lässt man bei Magneto-Inductionsmaschinen einen eisernen, hufeisenförmigen Anker, auf dessen Schenkel die Inductionsrollen geschoben sind, vor einem kräftigen Stahlmagneten rotiren.

In Fig. 70 ist ein Elektromagnet A dargestellt, an welchem die einzelnen Umwindungen, um sich leichter die Richtung der inducirten Ströme vergegenwärtigen zu können, etwas auseinander gezogen sind. Derselbe, in Rotation versetzt, wird bei einer Umdrehung durch Vertheilung vom feststehenden Stahlmagneten B aus zweimal magnetisch. Das eine Mal, wenn das Ende q über s und p über n steht, bildet sich bei q ein Nord- und bei p ein Südpol. Steht umgekehrt p über s und q über n, so bildet sich bei p ein Nord- und bei q ein Südpol.

Der Inductionsstrom, welcher in dem Augenblicke erzeugt wird, wo bei *q* (in der durch Fig. 70 gegebenen Stellung) ein Nordpol entstanden ist, hat die durch die eingezeichneten Pfeile angedeutete Richtung. Ein primärer Strom derselben Richtung würde bei *q* nach der Ampère'schen Regel (S. 34) Südmagnetismus hervorrufen.

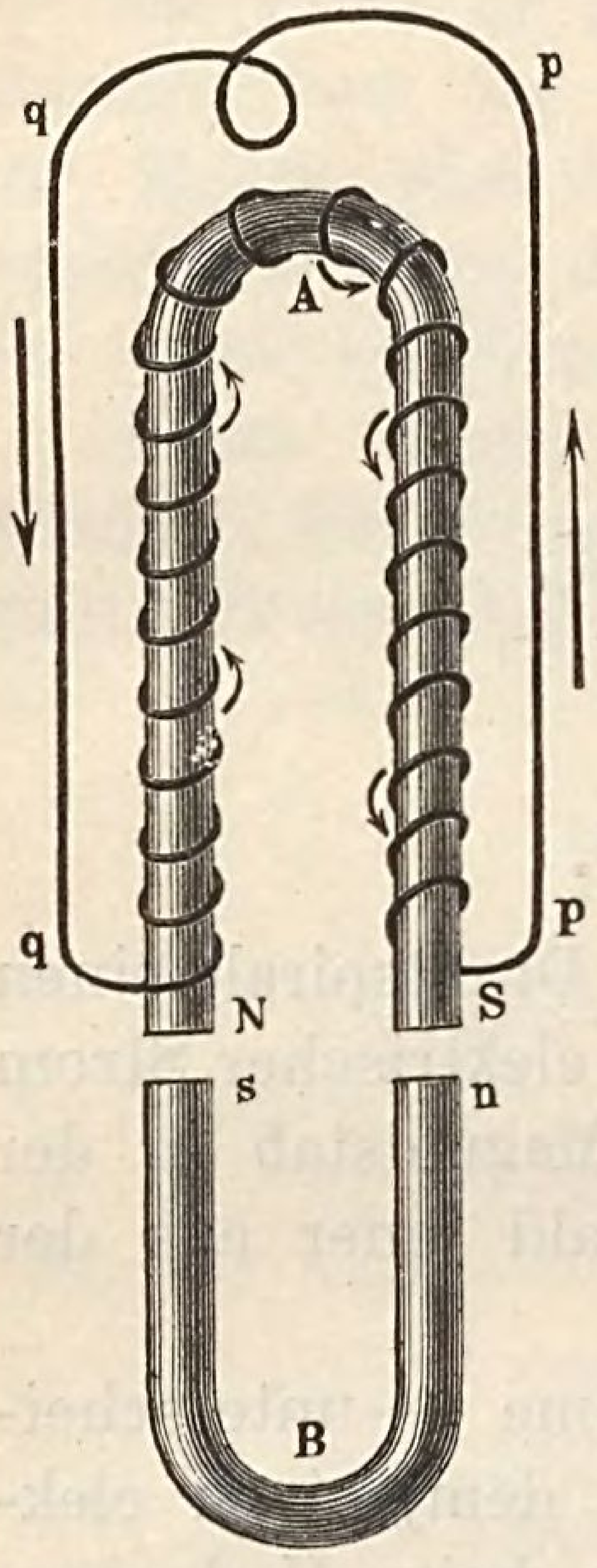


Fig. 70.

Wenn bei weiterer Rotation sich die Enden des Elektromagneten von den Polen des Stahlmagneten entfernen, so entsteht ein neuer, dem vorhergehenden (Annäherungsstrome) entgegengerichteter Inductionsstrom, welcher dem nach der Ampère'schen Regel magnetisirend wirkenden (für den vorliegenden Fall) ideellen Strome aber gleichgerichtet ist.

Es werden also bei jeder Umdrehung vier Inductionsströme erzeugt. Ist der erste Annäherungs- oder Schliessungsstrom der Richtung nach positiv, so wird der darauf folgende Oeffnungsstrom negativ sein. Der dritte, zwar wiederum ein Schliessungsstrom, aber dem vorhergehenden Oeffnungsstrome gleich- und dem ersten Schliessungstrome entgegengesetzt gerichtet, da die Enden des eisernen Ankers jetzt anderen Polen des Stahlmagneten, als bei der ersten Annäherung, gegenüberstehen, wird wieder negativ und der vierte endlich (ein Oeffnungsstrom) positiv sein.

Die Richtung der vier auf einander folgenden Inductionsströme ist also, wenn der erste die eines positiven Stromes hat: $+ - - +$.

Bei fortgesetzter Drehung treten dieselben in folgender Richtung auf: $+ - - + \mid + - - + \mid + - - + \mid$ u. s. w. Es wechseln demnach immer paarweise gleichgerichtete mit paarweise entgegengesetzt gerichteten Strömen ab.

Fig. 71 stellt einen Magnet-Inductor dar, bei welchem der Anker zwischen den Polschuhen *N* und *S* d. h. im magnetischen Felde eines kräftigen Stahlmagneten gedreht wird. Die Polschuhe des letzteren sind auf den einander zugewendeten Flächen ausgehöhlt. Der hierdurch gebildete cylinderförmige,

oben und unten offene Hohlraum nimmt den Anker auf. Letzterer, aus weichem Eisen, bildet mit seinen, der Höhlung des Stahlmagneten entsprechend gewölbten Polschuhen einen auf zwei Seiten rechteckig ausgeschnittenen Cylinder (s. Figur 72). Den Ausschnitten desselben parallel liegen die den Hohlraum des Ankers ausfüllenden Umwindungen aus sehr feinem, mit Seide umsponnenem Kupferdrahte. Das eine Ende der Umwindungen ist im Punkte *p* mit dem Anker selbst und dadurch mit dem Körper des Inductors leitend verbunden; das andere Ende ist isolirt durch den hinteren Zapfen des vorn und hinten durch Messingscheiben geschlossenen Ankercylinders zu dem durch Hartgummi vom Zapfen isolirten stählernen Contactstücke *r* geführt. Gegen diesen Contact *r* drückt eine im Gehäuse des Inductors angebrachte Metallfeder.

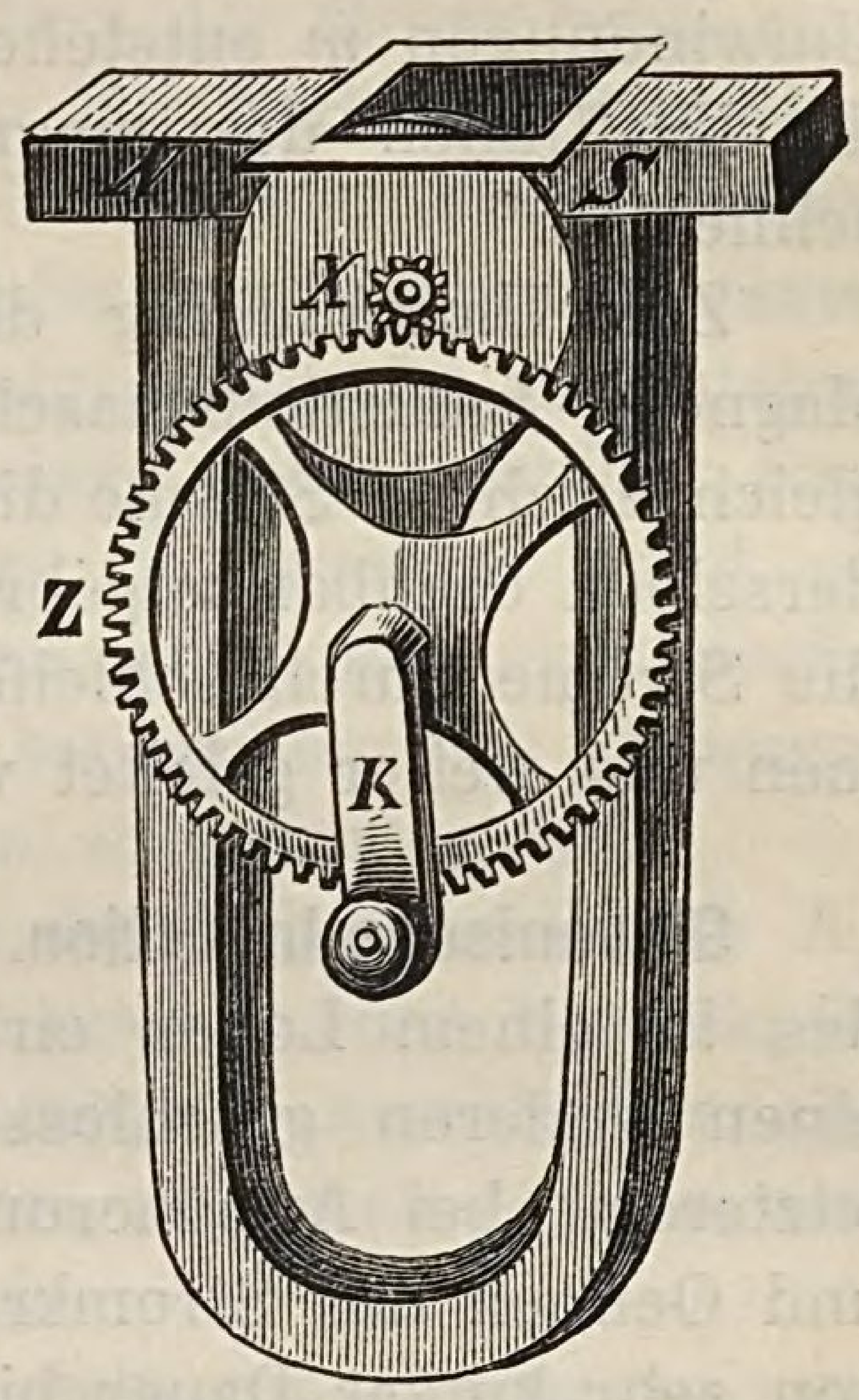


Fig. 71.

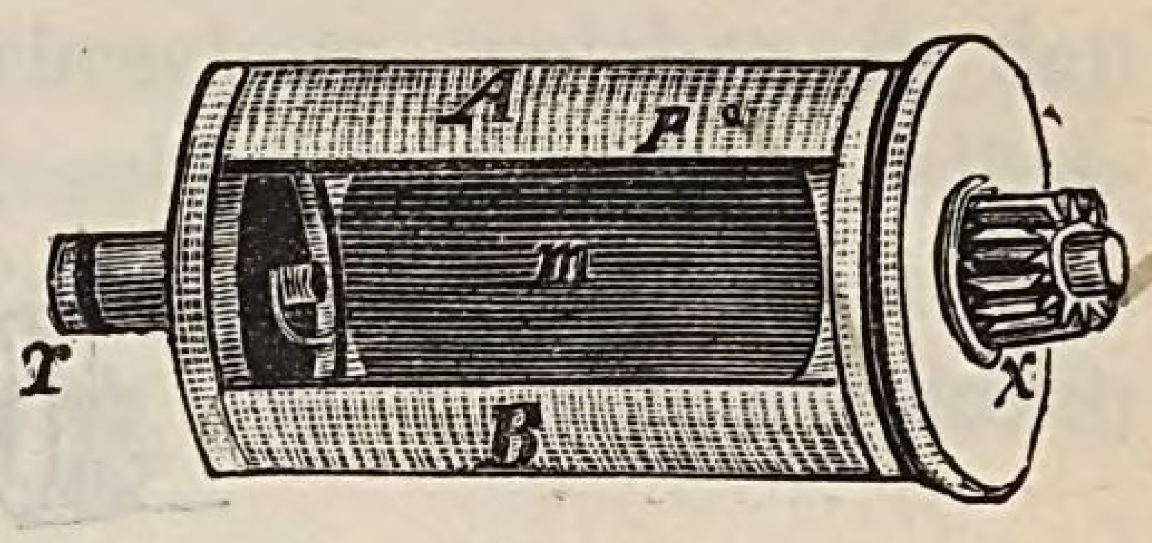


Fig. 72.

Die zur Drehung des Ankers dienende Kurbel *K* sitzt auf der Axe des Rades *Z*, dessen Zähne in diejenigen des kleinen am Ankercylinder angebrachten Triebes *X* eingreifen. Diese Uebertragung bewirkt auch bei langsamer Umdrehung der Kurbel schon eine ziemlich vergrösserte Umdrehungsgeschwindigkeit des Ankers. Kommt hierbei die Fläche *A* des letzteren dem Nordpole des Stahlmagneten gegenüber zu stehen, so nimmt jene Südmagnetismus an, während an der dem Südpole des Stahlmagneten gegenüber stehenden Ankerfläche *B* gleichzeitig Nordmagnetismus erzeugt worden ist. Nach einer weiteren halben Umdrehung des Ankers steht dessen Fläche *A* dem Südpole und *B* dem Nordpole des Stahlmagneten gegenüber; in *A* ist in Folge dessen ein magnetischer Nordpol, in *B* ein Südpol entstanden. Durch diesen Wechsel der Polarität, bezw. durch das abwechselnde Verschwinden und Widereintreten von Magnetismus in den Umwindungen des Ankers werden Induc-

tionsströme erregt, welche im Sinne derjenigen Ströme wirken, die auch ohne das Vorhandensein des Eisenkernes in den Umwindungen *m* entstehen, indem letztere bei ihrer Drehung die Kraftlinien des magnetischen Feldes des Stahlmagneten schneiden.*

Zur Umwandlung der in den Ankerumwindungen der Magneto - Inductionsmaschinen erzeugten Wechselströme in gleichgerichtete Ströme dienen auf der Axe des Ankers und mit derselben drehbar angebrachte Commutationsringe, von denen die Ströme durch schleifende Metallfedern (Bürsten) abgenommen und weiter geleitet werden.

Galvanische Induction. — Die elektromotorische Fernwirkung des in einem Leiter circulirenden elektrischen Stromes auf einen anderen geschlossenen Leiter, unter welcher sich in letzterem, bei Annäherung und Entfernung, beim Schliessen und Oeffnen des Stromkreises des ersteren secundäre Ströme von sehr kurzer Dauer bilden, heisst galvanische Induction.

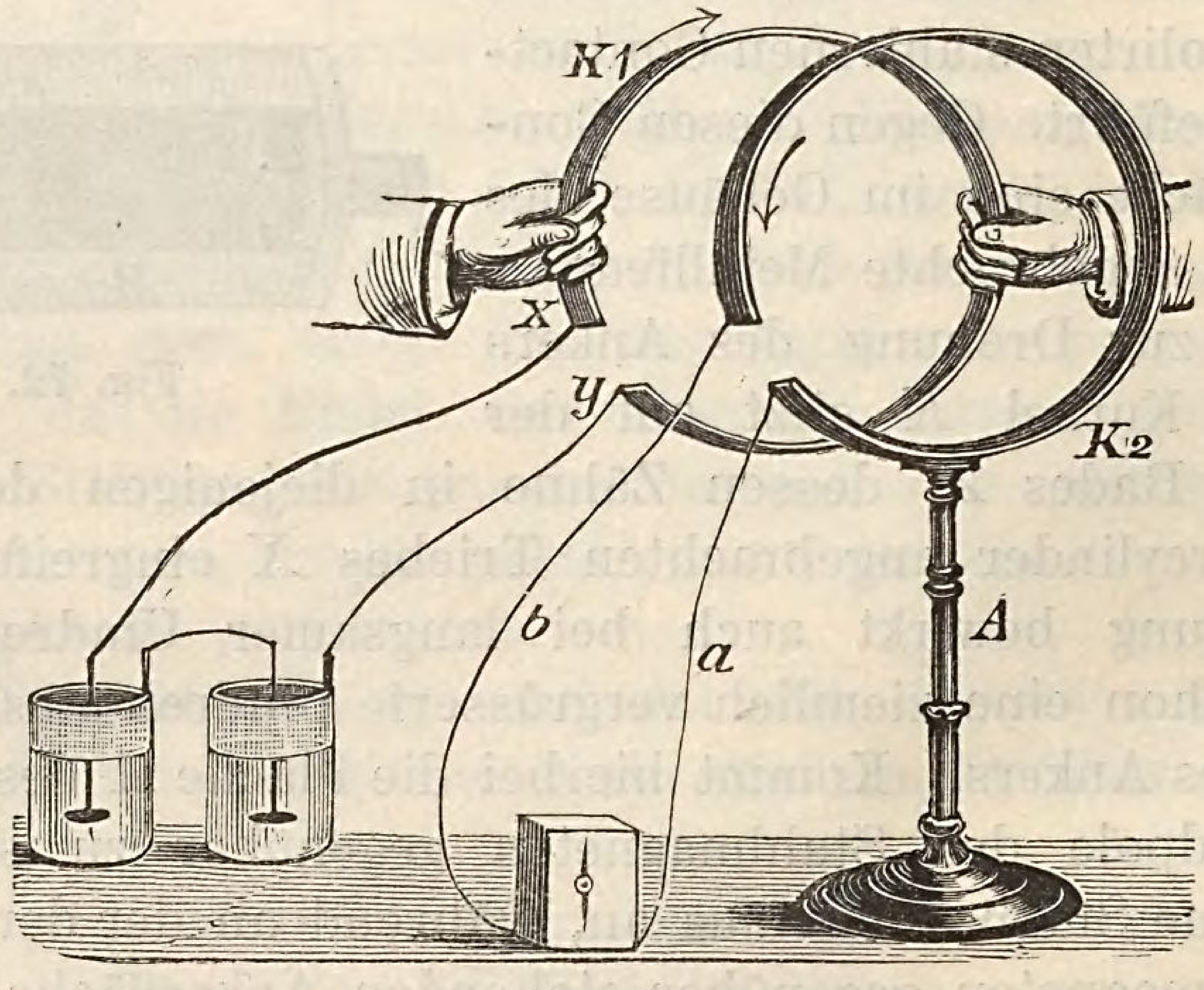


Fig. 73.

In Fig. 73 sei K_2 ein auf dem isolirenden Fussgestell *A* befestigter Kupferbügel, dessen Enden durch die Drähte *a*

* Wird ein Draht in der Nähe eines Magneten durch das Kraftfeld bewegt und schneidet der Draht die Kraftlinien, so entsteht in ihm ein elektrischer Strom, welcher mit der Geschwindigkeit seiner Bewegung wächst. („Dynamoelektrische Maschinen" von Silv. P. Thompson, S. 28—36.)

und b zu den Umwindungen eines empfindlichen Galvanometers geführt sind. Nähert man diesem einen zweiten durch eine Batterie so geschlossenen Bügel K_1, dass der Strom bei x ein- und bei y austritt, den Bügel also in der Richtung des Uhrzeigers durchfliesst, dann wird die Nadel des Galvanometers abgelenkt, aber nur momentan und unter der Einwirkung eines dem Batterie-Strome im Bügel K_1 entgegengesetzt gerichteten Stromes. Ist die Nadel in die Ruhelage zurückgekehrt, was nur eintritt, wenn K_1 dem Kupferringe K_2 genähert bleibt, so hat man nur den ersteren zu entfernen, um sofort eine zweite Ablenkung der Galvanometernadel beobachten zu können. Diese zweite Ablenkung ist der ersten entgegengerichtet.

Stellt man den Bügel K_1 fest in der Nähe des Bügels K_2 und diesem parallel auf, und schaltet man in den Stromkreis des ersteren eine Taste, welche es möglich macht, ihn abwechselnd zu schliessen und zu öffnen, so treten jene secundären Ströme in K_2 noch stärker auf.

Statt einer Taste bedient man sich zur Erzeugung von Inductionsströmen des sogenannten Wagner'schen Hammers, eines elektromagnetischen Selbstunterbrechers, welcher, in den Stromkreis der galvanischen Kette geschaltet, dieselbe selbstthätig schliesst und öffnet. Das Princip desselben ist aus Fig. 74 zu erkennen. a ist ein eiserner Anker, welcher durch

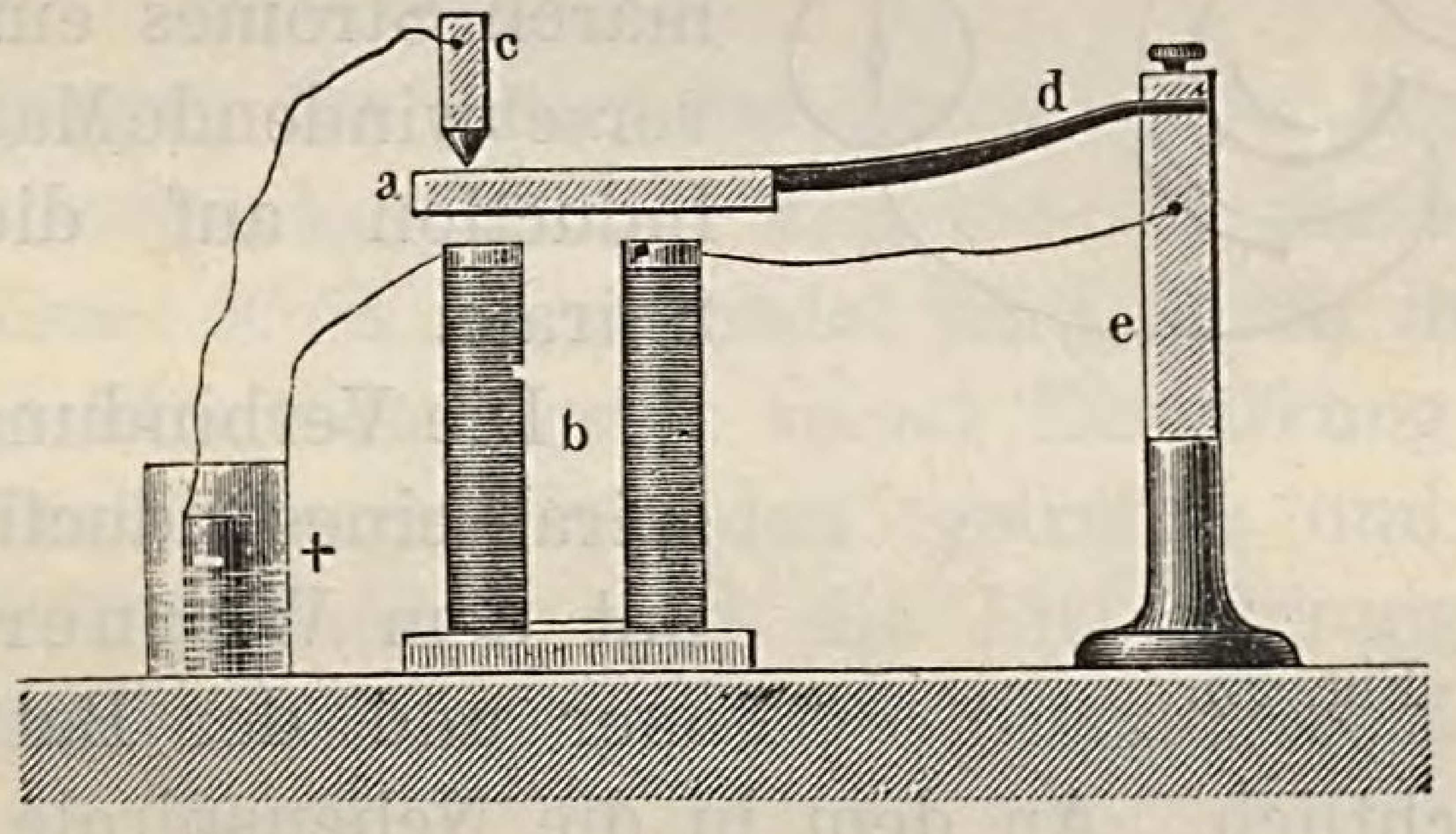


Fig. 74.

die Stahlfeder d mit der metallenen Säule e so verbunden ist, dass er, wenn kein Strom in den Umwindungen des Elektromagneten b circulirt, gegen das Contactstück c gedrückt wird. Dieses ist nun mit einem Pole der Batterie verbunden, deren anderer Pol, sowie der Ständer e mit je einem Ende der Elektromagnet-Umwindungen in leitender Verbindung stehen. Es geht also aus der Batterie, wenn a gegen c drückt, ein

Strom von *c* zu *a*, über *d*, *e* und durch den Umwindungsdraht zur Batterie zurück. Unter der Einwirkung desselben werden die Kerne magnetisch, der von ihnen angezogene Anker entfernt sich vom Contactstück *c*. In Folge dessen wird der Stromkreis unterbrochen, der Magnetismus aus den Kernen verschwindet und die Feder *d* führt den Anker *a* wieder zu *c* zurück. Der Stromkreis ist jetzt wieder geschlossen und die Ankeranziehung beginnt von Neuem u. s. w.

Auf diese Weise bewegt sich der Anker *a* fortwährend zwischen dem Contactstück *c* und den Polen des Elektromagneten und schliesst und öffnet abwechselnd den Stromkreis so lange, als die Stromquelle wirksam ist.

Zur Erzeugung kräftiger Inductionsströme bedient man sich zweier Spiralen, von denen die, in welcher der Batteriestrom (Hauptstrom, primäre Strom) circuliren soll, aus dickem isolirten Draht, welcher dem Strome nicht zu bedeutenden Widerstand bietet, gewunden ist. Ueber diese wird die Inductionsspirale (Nebenspirale) aus sehr vielen Umwindungen dünnen und ebenfalls isolirten Drahtes geschoben.

Bringt man in die Höhlung der Doppelspirale einen Stab aus weichem Eisen oder besser ein Bündel dünner Eisenstäbe, so erhöht der in demselben unter der Einwirkung des primären Stromes eintretende und verschwindende Magnetismus die Induction auf die secundäre Spirale.

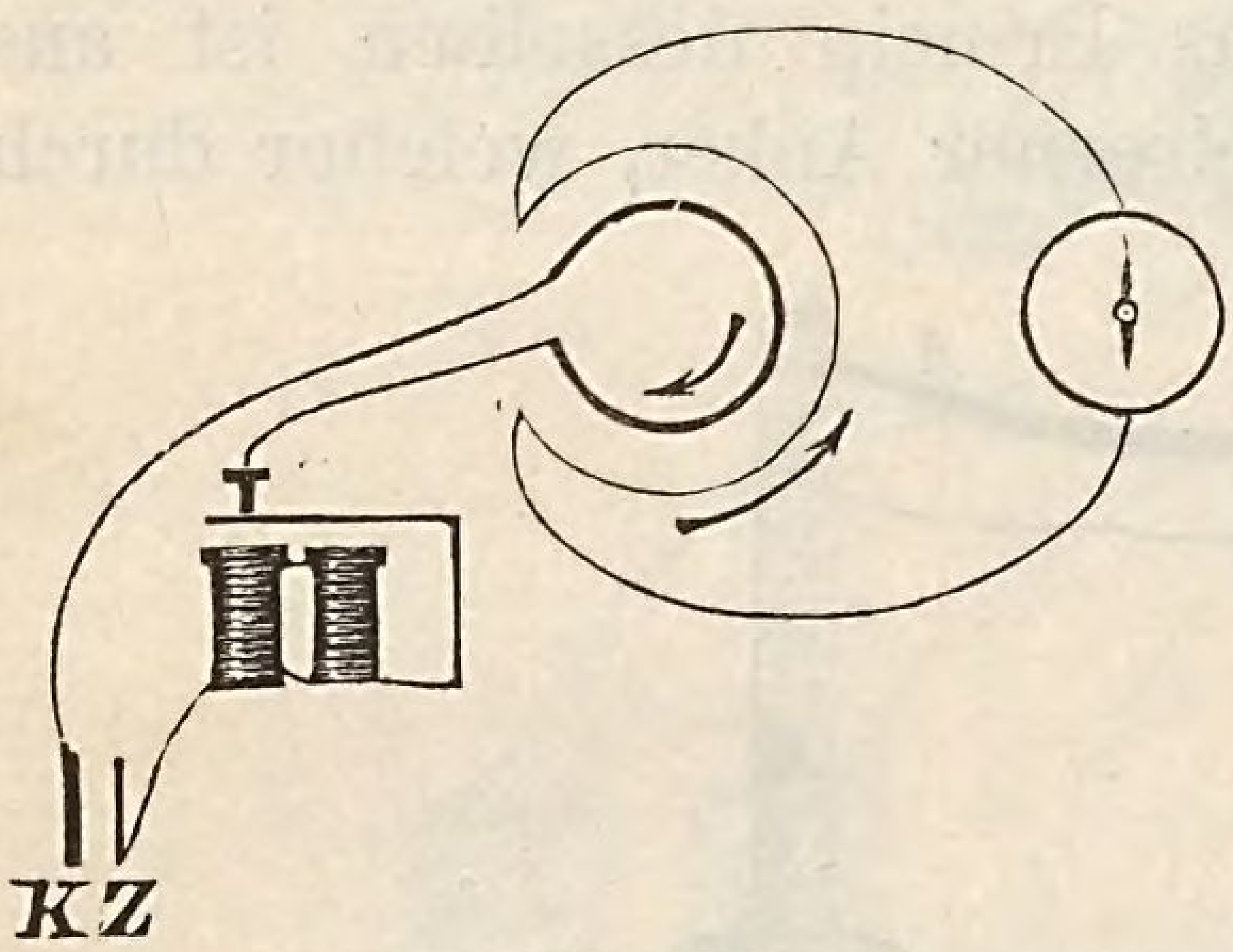


Fig. 75.

Die Verbindung der Hauptspirale eines Inductionsapparates mit dem Wagner'schen Hammer und der Batterie ist aus Fig. 75 ersichtlich. An dem in die Nebenspirale geschalteten Galvanometer machen sich die durch Induction erzeugten Wechselströme nur durch kurze Zuckungen der Nadel bemerkbar. Man wird daher Inductionsströme mit gewöhnlichen Galvanometern nicht messen können; hierzu lassen sich nur Elektrodynamometer verwenden (vgl. S. 123).

Für die galvanische Induction gelten folgende Gesetze:

1. Ein galvanischer Strom inducirt in einem benachbarten geschlossenen Leiter einen Strom von entgegengesetzter Rich-

tung im Momente seines Entstehens, einen gleichgerichteten im Momente seines Aufhörens.

2. Die Elektricitäts-Quantitäten sowohl des Schliessungs- als des Oeffnungsstromes sind gleich.

3. Die Intensität des inducirten Stromes ist abhängig von der Schnelligkeit, mit welcher der Hauptstrom eintritt und verschwindet.

Es liegt in der Natur (geringen Spannung) der galvanischen Elektricität, dass ihre Entwickelung eine verhältnissmässig langsame ist. Der galvanische Strom erlangt seine volle Stärke erst allmählich. Hieraus folgt:

4. Die Dauer des Schliessungsstromes ist grösser, als die des Oeffnungsstromes.

Da nun der Oeffnungsstrom in der kürzeren Zeit dasselbe Elektricitätsquantum entladet, als der Schliessungsstrom in der längeren Zeit, so ist:

5. Die Intensität des Oeffnungsstromes grösser, als die des Schliessungsstromes.

6. Die elektromotorische Kraft, welche die inducirten Ströme in der Inductionsspirale in Bewegung setzt, ist proportional der Intensität des Hauptstromes und dem Quadrat des Leitungswiderstandes (also auch ungefähr dem Quadrat der Windungszahl) der Nebenspirale.

Die Wirkungen des Inductions-Stromes. — Die Wirkungen des Inductionsstromes sind im Allgemeinen dieselben wie die primärer Ströme: Eine Magnetnadel wird durch ihn abgelenkt, Eisen und Stahl werden unter seiner Einwirkung magnetisch, chemische Verbindungen werden getrennt und hergestellt. Besonders hervorzuheben sind die Lichtwirkungen und die Erregung der Muskeln und Nerven thierischer Körper durch den Inductions-Strom.

Um Inductionsfunken zu erzeugen, verbindet man die Enden der Nebenspirale mit Metallstäben, welche auf einem isolirenden Gestell gegen einander verschiebbar angebracht sind. Nähert man die zugespitzten Enden einander, so springen kräftige Funken über, und zwar bei kleineren Inductions-Apparaten in einer Entfernung von 6 bis 8 cm und bei den grösseren noch auf 20 cm. Die grössten Ruhmkorff'schen Maschinen liefern sogar 45 cm lange Funken.

Hierbei ist zu bemerken, dass der beim Schliessen der galvanischen Kette auftretende Schliessungsfunke der Inductionsrolle nur einen sehr geringen Zwischenraum zu überspringen vermag, während der Oeffnungsfunke die erwähnten Maximallängen erreicht, ein Beweis für die vorhin aufgestellte Behauptung, dass die Intensität des Oeffnungsstromes eine grössere, als die des Schliessungsstromes ist. Gleichzeitig bietet uns dieser Umstand ein einfaches Mittel, nur gleichgerichtete (nämlich Oeffnungsströme) nach irgend einem Körper leiten zu können. Man schaltet dazu einen Funkenentlader ein und entfernt dessen Metallspitzen so weit von einander, dass nur der Oeffnungsstrom sich fortpflanzen kann.

Will man sich auch von der Wirkung der Schliessungsströme überzeugen, oder dieselben zu irgend welchem Zwecke benutzen, so muss man sich besonderer Vorrichtungen bedienen, welche nur gleichgerichtete Ströme entweder von Schliessungs- oder Oeffnungs-Elektricität weiter leiten. Zu diesem Mittel wird u. A. immer zu greifen sein, wenn es sich um den Nachweis chemischer Wirkungen von Inductions-Elektricität handelt. Mit einem einfachen Inductions-Apparate, welcher Schliessungs- und Oeffnungsströme nur alternirend erzeugt, lässt sich kein chemisch zusammengesetzter Körper

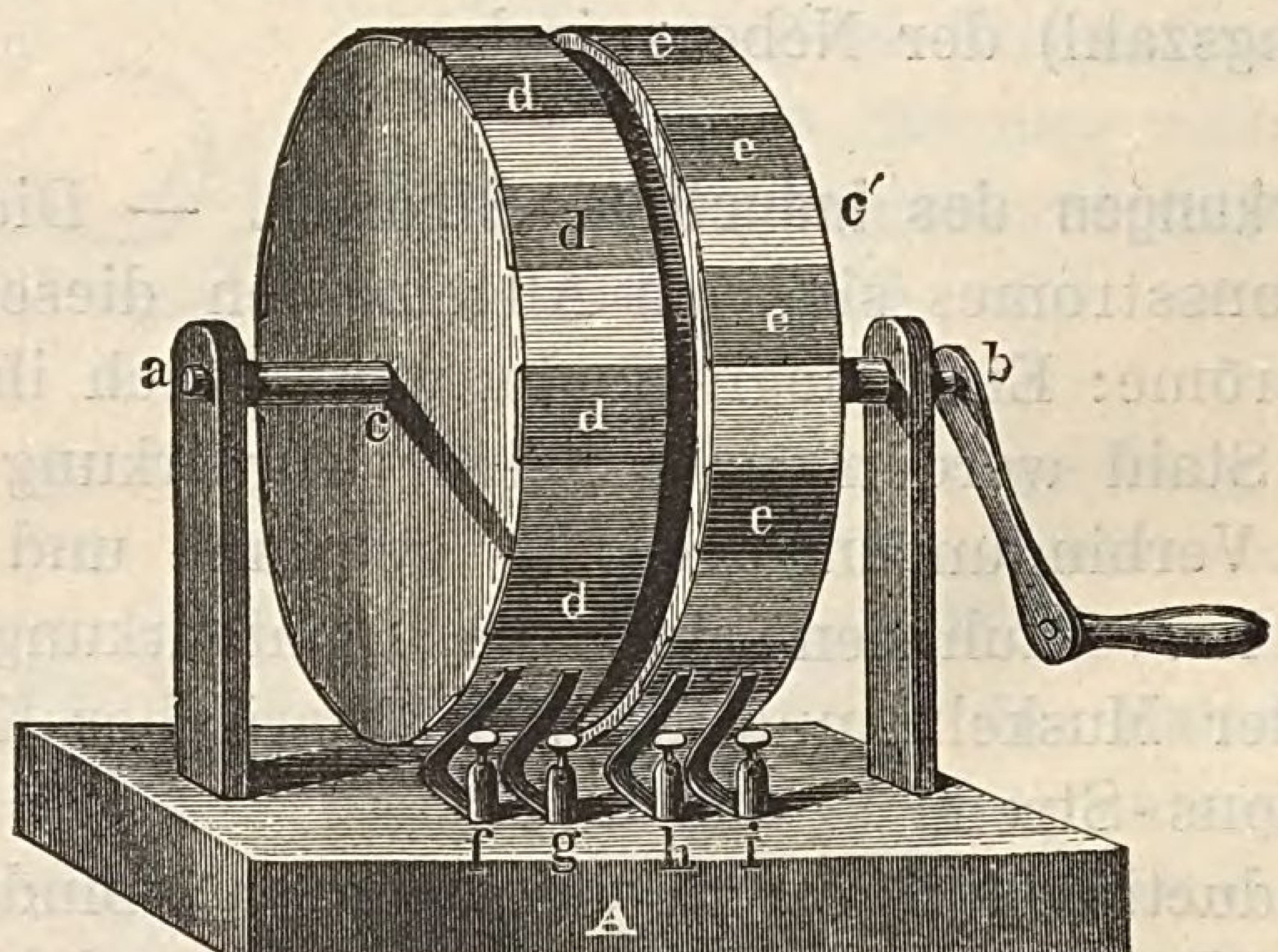


Fig. 76.

zersetzen, weil sich die abwechselnden Ströme in ihrer zersetzenden Wirkung aufheben.

In Fig. 76 ist eine der oben erwähnten Vorrichtungen, der Dove'sche Disjunctor* dargestellt, welchen man, um nur

* Wüllner, Bd. IV, S. 1023. 1886.

gleichgerichtete Inductionsströme zu erhalten, an Stelle des Wagner'schen Hammers einschaltet: Die Metallaxe *ab* ist durch eine isolirende Schicht in zwei Hälften getheilt; auf jeder derselben sitzt ein Metallrad, dessen Ränder abwechselnd mit nichtleitenden Segmenten *d* und *e* ausgelegt sind. Die Segmente *d* sind etwas breiter, als die Segmente *e* und daher umgekehrt die zwischen den letzteren liegenden Metallflächen breiter, als die zwischen den ersteren liegenden.

Gegen die Räder schleifen die mit den Klemmen *f*, *g*, *h*, *i* verbundenen Federn. An die Klemmen *f* und *g* legt man die Enden der Hauptspirale, an die Klemmen *h* und *i* die Enden der Inductionsspirale. Stellt man nun das Rad c^1, welches sich auf der Axe innerhalb gewisser Grenzen nach rechts und links mit einiger Reibung verschieben lässt, so ein, dass die Federn *h* und *i* beim Drehen der Kurbel die Metallflächen etwas früher berühren und ebenso etwas früher verlassen, als die Federn *f* und *g*, so entwickelt sich in der inducirten Spirale nur der Schliessungsstrom, weil bei Unterbrechung des galvanischen Stromes die Inductionsspirale nicht mehr geschlossen ist; stellt man das Rad c^1 aber so, dass die Federn *h* und *i* die Metallflächen etwas später erreichen und später verlassen, als die gegen das Rad *c* schleifenden Federn, so tritt in der Inductionsspirale nur der Oeffnungsstrom auf. Stehen endlich die Räder *c* und c^1 so zu einander, dass die breiteren Metallflächen auf c^1 von den Federn *h* und *i* früher erreicht und später verlassen werden, als die Metallflächen auf *c* von den Federn *f* und *g*, so entstehen in der Inductionsspirale beide Ströme.

Während die chemischen und galvanometrischen Wirkungen der Inductions-Elektricität ungleich schwächer, als die des constanten galvanischen Stromes sind, erreichen die physiologischen eine Höhe, welche bei grösseren Apparaten für den kräftigsten Menschen unerträglich wird.

Der durch galvanische Elektricität in einem nahe gelegenen zweiten Leiter erzeugte Inductionsstrom heisst ein Inductionsstrom erster Ordnung. Wirkt derselbe weiter inducirend auf einen dritten Leiter, so entstehen Inductionsströme zweiter Ordnung u. s. w.

Der Extrastrom. — Ausserdem, dass elektrische Ströme in Nebendrähten secundäre Ströme erwecken, erzeugen die-

selben auch in ihrem eigenen Leiter, wenn derselbe spiralförmig gewunden ist, Inductionsströme, welche beim Schliessen der Batterie dem Hauptstrome entgegengesetzt, beim Oeffnen derselben ihm gleichgerichtet sind.

Derartige Ströme wirken in allen Magnetisirungsspiralen störend, indem sie den Hauptstrom in seiner Entwickelung hindern. Bei Inductionsapparaten tritt in Folge dessen auch der Schliessungs-Inductionsstrom in der Nebenspirale schwächer auf, als es ohne den Extrastrom der Fall sein würde. Ganz besonders aber verhindern die Funken, in welchen der Oeffnungs-Extrastrom am Wagner'schen Hammer Ausgleichung findet, die zur Erzeugung intensiver Oeffnungs-Inductionsströme nothwendige schnelle Unterbrechung des primären Stromkreises. Zur Beseitigung des letzteren Uebelstandes pflegt man an grösseren Inductionsapparaten die Enden der Hauptspirale S (s. Fig. 77) mit den Belegungen eines Condensators* zu verbinden. Dieselben binden die freien Elektricitäten des bei Unterbrechung des primären Stromes Ausgleichung suchenden Extrastromes und verhindern hierdurch die Funkenbildung. Die Entladung des Condensators erfolgt beim Schliessen des Hauptstromes unter starker Lichtentwickelung an den Contactstellen des Wagner'schen Hammers.

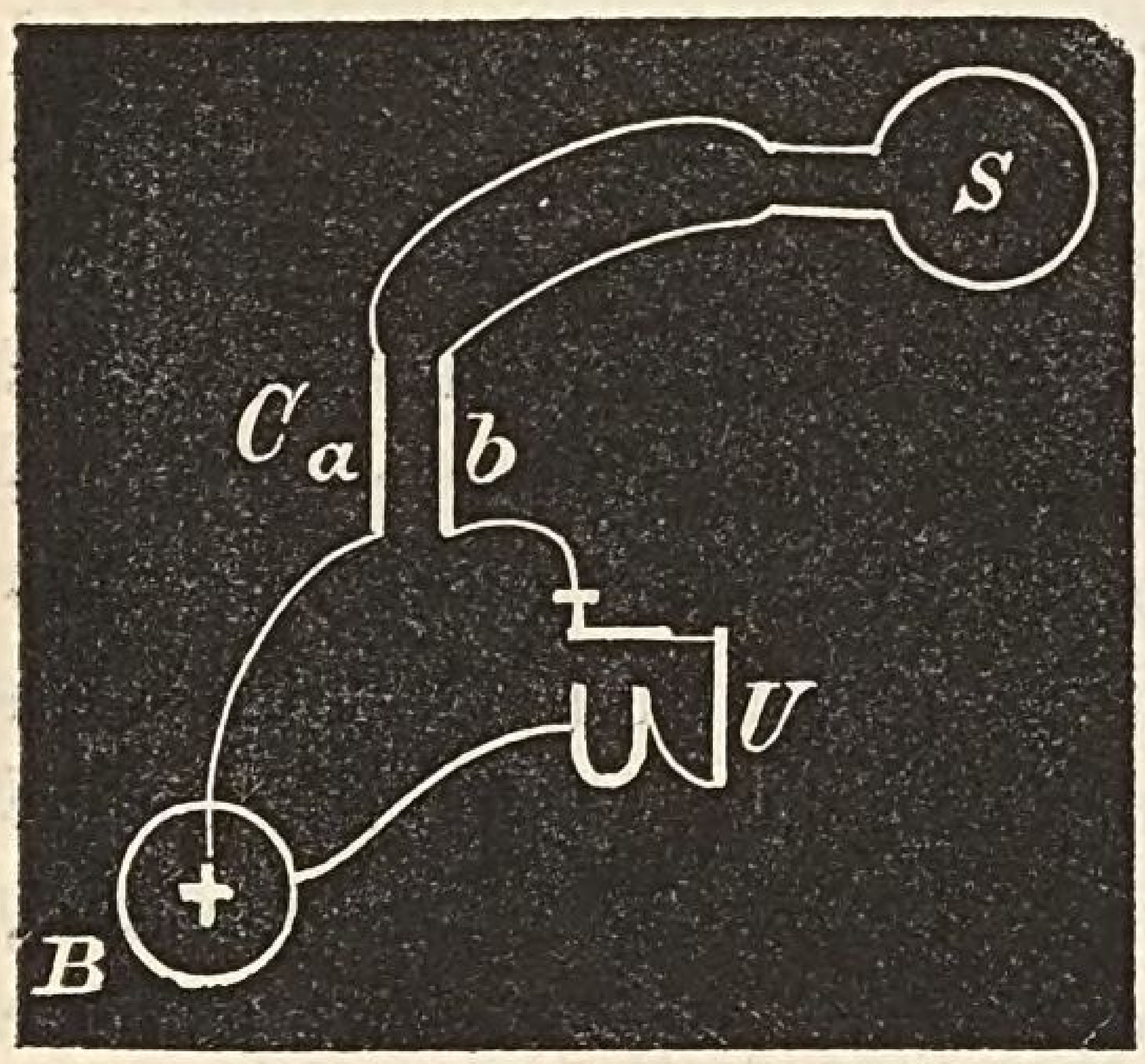


Fig. 77.

Es treten also ohne Condensator beim Oeffnen und bei Einschaltung eines solchen beim Schliessen der Kette heftige Funken auf. Je kräftiger der Condensator wirkt, desto mehr vermindert sich die Helligkeit des Oeffnungsfunkens.

* Ruhmkorff construirt den Condensator in der Weise, dass er etwa 20 bis 30 Stanniolblätter von etwa 20 cm Breite und 30 bis 40 cm Länge abwechselnd mit etwas grösseren Blättern von Wachspapier über einander schichtet, so dass die abwechselnden schmalen Enden der auf einander folgenden Stanniolblätter über die entgegengesetzten Seiten der Wachspapiere hinüberragen. Sie werden daselbst umgefaltet und zusammengepresst. (Wiedemann, Bd. II, S. 278. 1874.)

Induction in körperlichen Leitern, Dämpfung schwingender Magnetnadeln. — Eine Magnetnadel, welche über einer Unterlage aus nichtleitendem Material, z. B. aus Holz oder Stein auf mechanischem Wege (etwa mit der Hand) aus ihrer Ruhelage abgelenkt und dann freigelassen wird, macht eine gewisse Anzahl Schwingungen, ehe sie wieder zur Ruhe kommt. Vertauscht man jene Unterlage mit einer solchen aus leitendem Material, z. B. aus Kupfer und lenkt man die Nadel auf demselben Wege und unter demselben Winkel, wie vorhin ab, so wird sie sich nach einer geringeren Anzahl von Schwingungen in ihre normale Lage einstellen.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt in den durch die Bewegung der Magnetnadel auf der leitenden Unterlage inducirten Strömen, welche in ihrer Rückwirkung auf die Magnetnadel das Bestreben zeigen, der Drehung der letzteren eine entgegengesetzte Richtung zu geben und auf diese Weise die ihr auf irgend welche Art ertheilte Bewegung zu dämpfen. Diese dämpfende Kraft wächst mit der Geschwindigkeit der Bewegung der Magnetnadel, ferner mit der Leitungsfähigkeit* der für die Unterlage verwendeten Metalle, sowie mit der Stärke des Magnetismus der Nadel, verringert sich dagegen mit wachsender Entfernung der Magnetnadel von der Scheibe.

Einschnitte in der als Unterlage dienenden Metallscheibe schwächen die dämpfende Wirkung, weil sie die Entwickelung der Inductionsströme hindern.

B. **Erdströme** (tellurische Ströme).

Die Erdströme haben im Allgemeinen ihren Grund entweder:

1. in der verschiedenen Polarisation der Erdplatten (Ablagerung verschiedener Gase oder von Gasen verschiedener Dichte), oder

* Bei Verwendung von Eisenscheiben tritt zu der Wirkung der Inductionsströme noch eine unmittelbare magnetische Wirkung; die Dämpfung wird also grösser sein, als man nach der geringen Leitungsfähigkeit des Eisens (z. B. im Verhältniss zum Kupfer) voraussetzen kann.

2. in verschiedener Erwärmung der Erdplatten, oder
3. in der Inductionswirkung von Nordlichtströmen.

Die auf der Influenzwirkung atmosphärischer und Gewitter-Elektricität beruhenden secundären Ströme in Telegraphenleitungen haben zwar zum Theil auch ihren Sitz in der Erde und müssten demnach zu den tellurischen Strömen gerechnet werden; man führt sie indessen deshalb besonders auf, weil ihre Ursache gleichzeitig in der Zerlegung von $\pm E$ der Leitungen zu suchen ist.

Man war geneigt, auch die Nordlichtströme atmosphärischer Influenzwirkung zuzuschreiben, indessen haben eingehende Beobachtungen gezeigt, dass dieselben ihren Sitz in der Erde haben und durch Veränderungen des Erdmagnetismus hervorgerufen werden.

Wenn man die Entstehungsursachen der sogenannten Erdplattenströme näher in's Auge fasst, so fühlt man sich leicht versucht, letztere bezüglich ihrer Richtung und Intensität durchweg für veränderlich zu halten. Die Erfahrung hat uns indessen eines Anderen belehrt.

Untersucht man zu einer Zeit, in welcher die telegraphische Correspondenz ruht, den elektrischen Zustand von Leitungen, deren beide Enden an Erde liegen, so lässt sich in einzelnen derselben eine gleichbleibende, oft nicht unbedeutende Ablenkung der Galvanometernadel beobachten. Die eine solche verursachenden Ströme lassen auf eine constante Polarisation der Erdplatten schliessen. Neben diesen andauernden Strömen machen sich in anderen Leitungen allerdings auch variable elektrische Ausgleichungen bemerkbar.

Wenn auch nicht behauptet werden kann, dass Erdströme das Telegraphiren mit den gewöhnlichen, gegen äussere Einflüsse ziemlich unempfindlichen Empfangsapparaten merklich erschweren, so wird doch manche auch hierbei gemachte Beobachtung — u. A. die, dass trotz gleich starker Batterien der Endämter die Correspondenz nach einer Richtung hin oft schwieriger, als nach der andern ist — auf die Einwirkung von Erdströmen zurückgeführt werden müssen. Thatsächlich störend ist aber der Einfluss immer bei Benutzung empfindlicher Systeme, hauptsächlich der für das Gegen- und Doppelsprechen gebräuchlichen, bei denen es darauf ankommt, durch künstliche

Widerstände für einzelne Correspondenzstadien ein elektrisches Gleichgewicht herbeizuführen.

Dass bei Bestimmung des Widerstandes von Telegraphenleitungen der Einfluss von Erdströmen auf die betreffenden Messinstrumente berücksichtigt werden muss, wenn das Ergebniss auf Genauigkeit irgend welchen Anspruch machen soll, bedarf keiner besonderen Auseinandersetzung.

Nach einer älteren Methode lässt sich beim Vorhandensein jener Ströme (sowie auch von Aussenströmen anderen Ursprunges) der absolute Leitungswiderstand ermitteln, indem man bei dem in Fig. 78 skizzirten Messsysteme mittels des Rheostaten *R* so lange Widerstand einschaltet, bis sowohl beim Oeffnen, als beim Schliessen der Batterie *B* (mit Hilfe der Taste *T*) der-

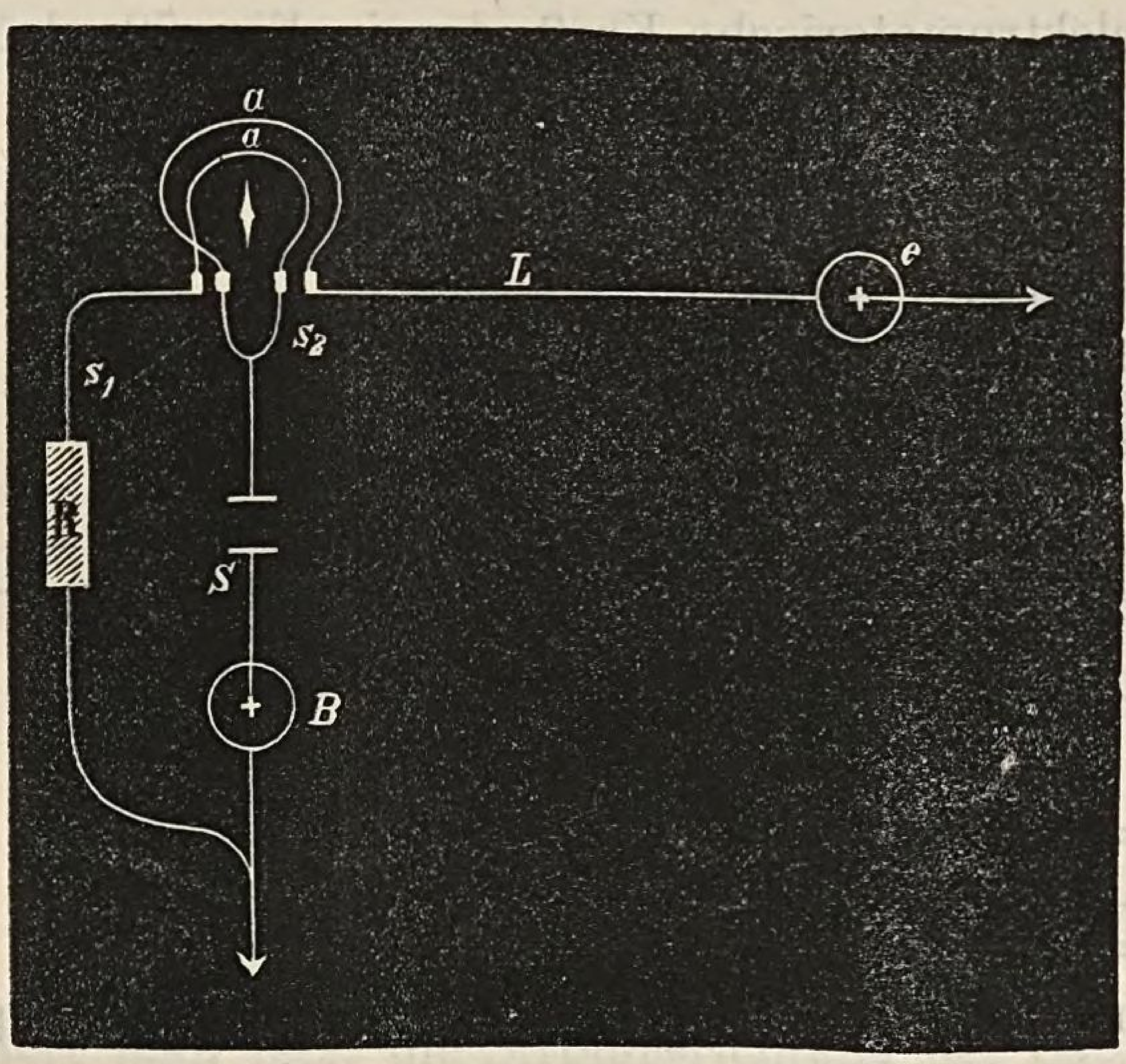


Fig. 78.

selbe Nadelausschlag am Differentialgalvanometer erzielt wird. Letzteres tritt ein, sobald der künstliche Widerstand $r = L$.

Die Richtigkeit dieser Methode ergiebt sich aus Folgendem:

Bedeutet M die magnetisirende Stromkraft in den Galvanometerdrähten — deren Widerstand mit aa bezeichnet ist — bei offener Taste und M^1 die magnetisirende Stromkraft bei geschlossener Batterie B, so ist:

$$M = 2ns$$

(s bedeutet die Intensität des Erdstromes und n die Anzahl der Umwindungen eines Galvanometerdrahtes).

Wirken beim Niederdrücken der Taste T Erd- und Batteriestrom in gleichem Sinne, so ist:

$$M^1 = n\,(s_2 - s_1)$$

(s_1 ist die Stromstärke in dem mit dem Rheostaten und s_2 die Stromstärke in dem mit der Leitung verbundenen Galvanometerdrahte).

Ist der Rheostat so regulirt, das $M = M_1$, so würde $2s = s_2 - s_1$ sein müssen.

Dies ist, wie — unter der Voraussetzung, dass $L = r$ — im Nachfolgenden bewiesen werden wird, thatsächlich der Fall.

Bei ruhender Taste ist:

$$s = \frac{e}{2a + r + L}$$

(e ist die elektromotorische Kraft der in Fig. 78 als Element gezeichneten Quelle des Erdstromes).

$$r = L \text{ (nach Voraussetzung)}$$

$$s = \frac{e}{2\,(a + L)}.$$

Wird die Taste T niedergedrückt, so ist:

$$E = SW + s_1\,(a + r)$$

$$E + e = SW + s_2\,(a + L)$$

$$e = s_2\,(a + L) - s_1\,(a + r) = (a + L)\,(s_2 - s_1)$$

$$s_2 - s_1 = \frac{e}{a + L}$$

$$2s = \frac{e}{a + L}$$

$$2s = s_2 - s_1.$$

Ist der Erdstrom dem Batteriestrome entgegengerichtet, so ist:

$$M^1 = n\,(s_1 - s_2)$$

$$2s = s_1 - s_2$$

$$\text{denn: } E = SW + s_1\,(a + r)$$

$$E - e = SW + s_2\,(a + L)$$

$$e = (s_1 - s_2)\,(a + L)$$

$$s_1 - s_2 = \frac{e}{a + L}$$

$$2s = s_1 - s_2.$$

Ich habe zur Bestimmung des absoluten Leitungswiderstandes stets zwei Messungen vorgenommen, nämlich zuerst

den Rheostatenwiderstand r ermittelt, welcher nöthig ist, um bei der in Fig. 78 gegebenen Schaltung die Nadel des Differentialgalvanometers auf 0° zu stellen, wenn die Batterie B, deren Strom sich in die beiden Galvanometerdrähte verzweigt, mit dem einen Pole, und dann den Widerstand r^1 vermerkt, bei welchem die Nadel auf 0° gehalten wird, wenn jene Batterie mit dem anderen Pole an Erde liegt.

Der Leitungswiderstand ergiebt sich aus der Gleichung:

$$L = \frac{2rr^1}{r + r^1}.$$

Beweis: In jedem Falle ist der von der Batterie B ausgehende Gesammtstrom S gleich der Summe der die beiden Galvanometerdrähte durchfliessenden und einander gleichen Zweigströme s

$$S = 2s.$$

Sind Batterie- und Erdstrom einander gleichgerichtet, so ist:

$$SW + s(a + L) = E + e$$
$$SW + s(a + r) = E$$

$$s = \frac{E + e}{2W + a + L}$$
$$s = \frac{E}{2W + a + r}$$

$$\frac{E + e}{2W + a + L} = \frac{E}{2W + a + r}$$
$$e = \frac{E(L - r)}{2W + a + r}.$$

Aendert man jetzt die Stromesrichtung der Batterie B, sodass Batterie- und Erdstrom einander entgegenfliessen, dann ist:

$$SW + s(a + L) = E - e$$
$$s = \frac{E - e}{2W + a + L}.$$

Im Stromkreise des Rheostaten:

$$s = \frac{E}{2W + a + r^1}$$
$$\frac{E - e}{2W + a + L} = \frac{E}{2W + a + r^1}$$
$$e = \frac{E(r^1 - L)}{2W + a + r^1}.$$

Durch Gleichsetzung der beiden Werthe für e erhält man nun:

$$\frac{E(L - r)}{2W + a + r} = \frac{E(r^1 - L)}{2W + a + r^1}$$

$$L = \frac{(r + r^1)(2W + a) + 2rr^1}{4W + 2a + r + r^1}$$

oder bei Vernachlässigung des Batterie- und Galvanometerwiderstandes:

$$L = \frac{2rr^1}{r + r^1}.$$

Eine dritte* Methode, den absoluten Leitungswiderstand zu bestimmen, setzt das Vorhandensein dreier Leitungen (a, b und c) zwischen den beiden betreffenden Endämtern voraus. Aus je zweien dieser Leitungen wird durch directe (metallische) Verbindung am entgegengesetzten Ende eine Schleife gebildet und der Widerstand derselben, wie jeder andere durch sich selbst — nicht durch Erde — geschlossene Leiter gemessen.

Der Widerstand jeder einzelnen Leitung ergiebt sich aus den drei Messungsresultaten:

$$a + b = x$$
$$a + c = y$$
$$b + c = z$$

$$a = \frac{x - z + y}{2}$$

$$b = \frac{x - y + z}{2}$$

$$c = \frac{y - x + z}{2}$$

(x, y und z sind die den Widerständen der Schleifleitungen substituirten Rheostatenwiderstände).

Thermo-elektrische Ströme. — Im Jahre 1823 machte Seebeck die Entdeckung, dass, wenn man auf einen Wismuthstab einen Kupferbügel mit seinen beiden Enden löthet und die eine der beiden Löthstellen erwärmt, ein elektrischer Strom entsteht, welcher eine innerhalb des Bügels angebrachte

* Diese Methode hat noch den Vortheil, dass sie den Widerstand der Erdleitungen ausschliesst.

Magnetnadel ablenkt. Weitere Versuche ergaben, dass auch andere in derselben Weise verbundene Metalle einen elektrischen Strom liefern, sobald die eine Verbindungsstelle eine höhere Temperatur hat, als die andere.

Seebeck nannte diesen Strom *thermo-elektrisch*, und einen zur Erzeugung desselben aus zwei Metallen, welche an zwei Stellen zusammengelöthet sind, gebildeten Bogen ein *thermo-elektrisches* Element.

Will man die Stärke eines Stromes prüfen, welcher durch Berührung und Erwärmung zweier verschiedener Metalle entsteht, so verbindet man je ein Stück Draht aus dem einen Metalle mit je einem Multiplicatorende eines empfindlichen Galvanometers und verlöthet die freien Enden jener Drahtstücke mit den Enden eines Drahtes aus dem zweiten Metalle. Erwärmt man nun eine Löthstelle, so wird die Galvanometernadel abgelenkt, und zwar um so mehr, je stärker der thermo-elektrische Strom ist.

Indem man diesem Versuche verschiedene Metalle unterwarf, wurde gefunden, dass sich dieselben in Bezug auf die Erregung thermo-elektrischer Ströme sehr verschieden verhalten.

Seebeck hat die bekanntesten Metalle in folgende Spannungsreihe gebracht:

\+ Antimon,
Eisen,
Zink,
Silber,
Gold,
Zinn,
Blei,
Quecksilber,
Kupfer,
Platin,
— Wismuth.

Verbindet man ein Antimon- und ein Wismuthstäbchen zu einem thermo-elektrischen Elemente, so liefert dieses Element den stärksten thermo-elektrischen Strom. Der positive Strom geht von der erwärmten Löthstelle durch den Antimonstab zum Wismuth. *An der erwärmten Berührungsstelle wird also das in der Reihe höherstehende Metall gegen das tieferstehende positiv erregt.*

Wenn man zwischen die beiden Drahtenden eines Galvanometers eine ganze Reihe von aneinander gelötheten Metallstäbchen einschaltet, wie es in Figur 79 gezeigt ist, und eine Löthstelle erwärmt, während die übrigen auf 0° erkaltet sind, so erhält man denselben Nadelausschlag, als ob der ganze Schliessungsbogen nur aus den beiden Metallen gebildet wäre, deren Berührungsstelle erwärmt ist, vorausgesetzt, dass der Leitungswiderstand der Kette derselbe bleibt.

In Fig. 79 bedeutet:

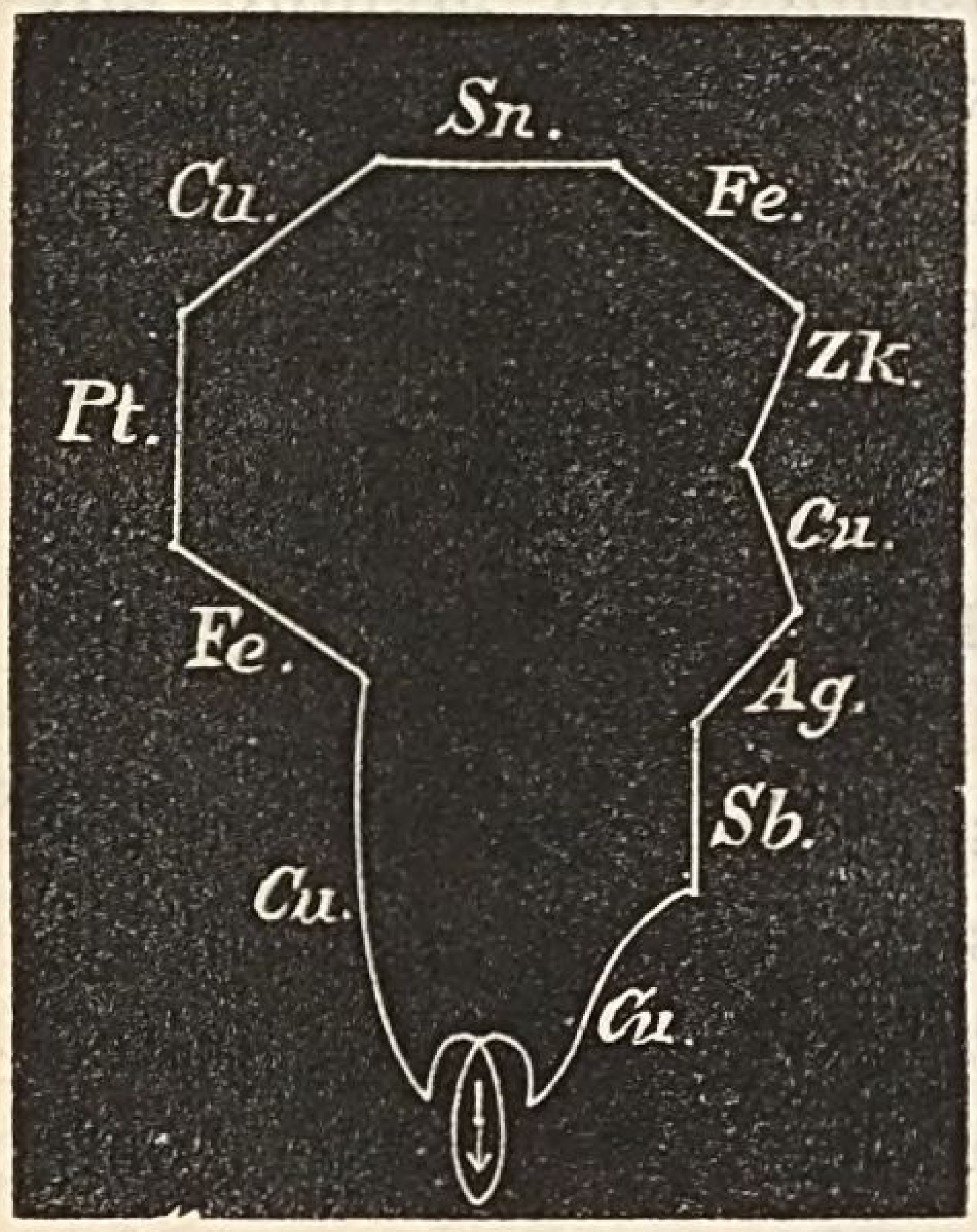


Fig. 79.

Ag. Silber,
Cu. Kupfer,
Fe. Eisen,
Zk. Zink,
Pt. Platin,
Sn. Zinn,
Sb. Antimon.

Ist z. B. die Löthstelle zwischen Kupfer und Silber auf t^0 erwärmt, während alle übrigen auf 0^0 erkaltet sind, so erreicht in dieser Kette der thermo-elektrische Strom dieselbe Stärke, als ob zwischen die beiden Kupferdrähte am Ende nur ein Silberstab von dem Widerstande der übrigen Kette eingeschaltet sei, dessen eine Verbindungsstelle auf 0^0 erkaltet, und dessen andere auf t^0 erwärmt ist.

Die elektromotorische Kraft eines und desselben Thermo-Elementes ist von der Temperaturdifferenz der beiden Löthstellen abhängig, jedoch besteht zwischen den elektromotorischen Kräften verschiedener Thermo-Elemente keine von der Temperaturdifferenz abhängige Proportionalität.

Wenn z. B. ein Eisen-Silber-Element bei einer Temperaturdifferenz von 20^0 eine elektromotorische Kraft gleich 30 ergiebt, und diese bei 40^0 Differenz zu einer gewissen Höhe anwächst, so braucht bei einem anderen Elemente, welches bei 20^0 Temperaturdifferenz ebenfalls eine elektromotorische Kraft gleich 30 ergiebt, diese nicht in demselben Verhältnisse zuzunehmen, wie beim ersten Elemente, wenn auch hier die Temperaturdifferenz ebenfalls um das Doppelte gestiegen ist.

Auch zwei Drähte desselben Metalles, von denen der eine warm, der andere kalt ist, geben einen thermo-elektrischen Strom, sobald sie sich berühren.

Diese Thatsache ist von nicht zu unterschätzender Bedeutung, indem wir durch dieselbe wieder eine neue Quelle störender Einflüsse secundärer Ströme in Telegraphenleitungen kennen lernen.

Die Telegraphenleitung ist in der That mit ihren Löthstellen eine thermo-elektrische Kette, welche je nach den Differenzen der auf sie wirkenden Temperaturen verschieden stark elektromotorisch wirkt.

Unsere Telegraphen-Empfangsapparate sind indessen so wenig empfindlich construirt, dass derartige secundäre Ströme störenden Einfluss auf die Correspondenz nicht ausüben; von Bedeutung aber können dieselben, wie alle übrigen Aussenströme, für die Ergebnisse von Widerstandsmessungen sein.

Achter Abschnitt.

Die Telegraphie.

Entwickelungsgeschichte. — Schon im frühesten Alterthume machte sich das Bedürfniss nach einem möglichst schnellen Gedankenaustausche in die Ferne geltend. Licht und Schall boten durch Erzeugung sichtbarer und hörbarer Zeichen zuerst die Hand zu einer Telegraphie (Fernschreiberei), mit welcher man sich bis in unser Jahrhundert hinein begnügen musste.

Vorschläge, die Reibungs-Elektricität zu diesem Zwecke zu benutzen, führten zwar schon vom Jahre 1746 ab zu mehr oder minder glücklichen Versuchen, aber sichtbare Fortschritte machte die elektrische Telegraphie erst nach der Entdeckung des Galvanismus: Im Jahre 1808 construirte Sömmering in München einen Apparat, bei welchem er die durch die Volta'sche Säule bewirkte Wasserzersetzung zum Telegraphiren benutzte; im Jahre 1839 versuchte Vorsselmann de Heer sich der physiologischen Wirkung zum Zeichengeben an ferne Beobachter zu bedienen. Schon vorher, im Jahre 1832, construirte der russische Staatsrath, Baron Schilling von Canstatt, den ersten Nadel-Telegraphen, welcher von Gauss und Weber verbessert und für den praktischen Gebrauch ein Jahr später möglich gemacht wurde.

Während alle diese Systeme nur augenblicklich durch die Sinnes-Organe wahrnehmbare Zeichen zu geben im Stande waren, gelang es dem Professor Steinheil im Jahre 1837 einen Nadel-Telegraphen herzustellen, welcher in Form einer Schrift die Zeichen „fixirte“.

Die sogenannten Zeiger-Telegraphen, welche von Wheatstone (1840), Bréguet, Fromant, Stöhrer, Siemens-Halske u. A. construirt wurden, auch allmählich einen hohen Grad von Vollkommenheit erlangten, entbehrten, wie die ersten Nadel-Telegraphen, ebenfalls des erwähnten Vortheiles bleibender Schriftzeichen.

Im Jahre 1835 stellte Morse* seinen Drucktelegraphen fertig, mit welchem indessen erst neun Jahre später, am 27. Mai 1844, das erste Telegramm auf einer zwischen Washington und Baltimore hergestellten Versuchslinie befördert wurde. Fast gleichzeitig wurden Versuche mit Typendruck-Telegraphen — vom Nordamerikaner Vail bereits 1837, von Wheatstone 1841, von Morse 1847 — angestellt; ausser den Genannten verfolgten dieselbe Idee noch verschiedene andere Erfinder, unter ihnen auch Siemens und Halske. Der vollkommenste Typendruck-Telegraph ist schliesslich vom amerikanischen Professor Hughes hergestellt worden.

Die erste Vorrichtung zum Telephoniren (Fernsprechen)** auf elektrischem Wege ist im Jahre 1860 von Philipp Reis in Friedrichsdorf bei Frankfurt a. M. erfunden worden. Dieser Apparat übertrug zwar musikalische Töne auf ziemlich weite Entfernungen, doch war die Wiedergabe gesprochener Worte eine nur unvollkommene; Versuche, denselben zu verbessern, sind weder von Reis, noch von anderen

* Samuel Finley Breese Morse, geboren den 27. April 1791 zu Charleston in Massachusetts, wurde in England in der Malerei ausgebildet. Im Jahre 1815 nach Amerika zurückgekehrt, wurde er Mitbegründer der National-Malerakademie in New-York. Auf einer zweiten Reise nach Europa (1829—32) kam er auf die Idee des Schreibtelegraphen, dessen erstes Modell 1835 in der Universität zu New-York ausgestellt wurde. Der Elektromagnet desselben wog 79 kg. 1837 wurde die neue Erfindung in Washington patentirt und 1851 das inzwischen sehr verbesserte und vor Allem auch auf kleinere Dimensionen zurückgeführte System auf der Telegraphenkonferenz in Wien für Oesterreich, Preussen, Sachsen, Bayern und Württemberg angenommen. 1858 erhielt Morse von der Pariser Conferenz der Hauptmächte Europas für seine Erfindung 400 000 Francs Belohnung.

Morse starb am 2. April 1872 in Locust Grove bei Poughkeepsie im Staate New-York.

** A. Hartleben's elektrotechnische Bibliothek. Bd. VI. Telephon, Mikrophon und Radiophon von Theodor Schwartze,

Erfindern in Deutschland gemacht worden, dagegen fand sich hierfür in Amerika grösseres Interesse: Im polytechnischen Club zu Philadelphia führte 1868 van der Wayde ein verbessertes Reis'sches Telephon vor. Ausser ihm arbeiteten an der Verbesserung desselben Apparates Elisha Gray in Chicago, sowie die Engländer Cecil und Lenardo Wray. Cromwell Varley in London trat 1877 mit einem auf Anwendung des elektrischen Condensators beruhenden Telephon hervor.

Alle diese Apparate gaben indessen nur Töne, nicht Sprachlaute in wünschenswerther Vollkommenheit wieder. Im Jahre 1876 aber hatte inzwischen der Schotte Graham Bell aus Boston auf der Weltausstellung zu Philadelphia ein Telephon vor die Oeffentlichkeit gebracht, welches die Sprache bis auf meilenweite Entfernungen deutlich fortzupflanzen vermochte. Das Bell'sche Telephon, oder wie wir den Apparat von nun ab lieber deutsch bezeichnen wollen, der Bell'sche Fernsprecher hat sich als Verkehrsmittel schnell Eingang verschafft; er ist den Systemen von Morse und Hughes als drittes in der gegenwärtigen Telegraphie hauptsächlich verwendetes System nunmehr zuzuzählen.

Wir wollen uns im Folgenden mit der Beschreibung der Apparate dieser drei Systeme eingehend beschäftigen.

Der Morse-Telegraph. — Zu einem vollständigen Morsesysteme gehören:

a) als Hauptapparate: die Taste (Zeichengeber) und der Schreibapparat (Empfänger);

b) als Hilfs- oder Nebenapparate: das Galvanoskop, der Blitzableiter, das Relais und (für ausnahmsweisen Gebrauch) der Wecker.

Die Taste. Dieselbe dient dazu, den Linienstrom zum Zwecke des Telegraphirens zu schliessen und zu öffnen. Auf der Grundplatte *A* aus Holz* (s. Fig. 80) sind drei parallele

* Die Grundplatten von Telegraphen-Apparaten sind meistentheils aus drei auf einander geleimten Brettchen zusammengesetzt, so dass die Holzfasern des mittleren die des unteren und oberen kreuzen. Hierdurch wird dem Verziehen des Holzes unter dem Einflusse von Temperaturwechsel vorgebeugt.

Messingschienen befestigt; in dem von der mittleren Schiene getragenen Lager dreht sich in zwei Schraubenspitzen die an ihren beiden Enden konisch ausgebohrte stählerne Axe für den zweiarmigen Hebel *Eb'* mit dem aus Holz oder Horn gefertigten Druckknopfe *g*. Die vordere Schiene (Arbeits- oder Telegraphirschiene) ist mit einem Contactstücke *a* aus Stahl, die hintere Ruheschiene mit einem eben solchen *c* aus Platin versehen. Diesen Contactstücken gegenüber stehen die an den vorderen und hinteren Hebelarm geschraubten Metallstifte *a'* aus Stahl und *c'* aus Platin. Ersterer ist die Fortsetzung einer Stellschraube *S* und kann je nach Bedürfniss höher oder tiefer geschraubt und in der gewünschten Stellung durch eine Gegenmutter festgelegt werden. Die mittels der

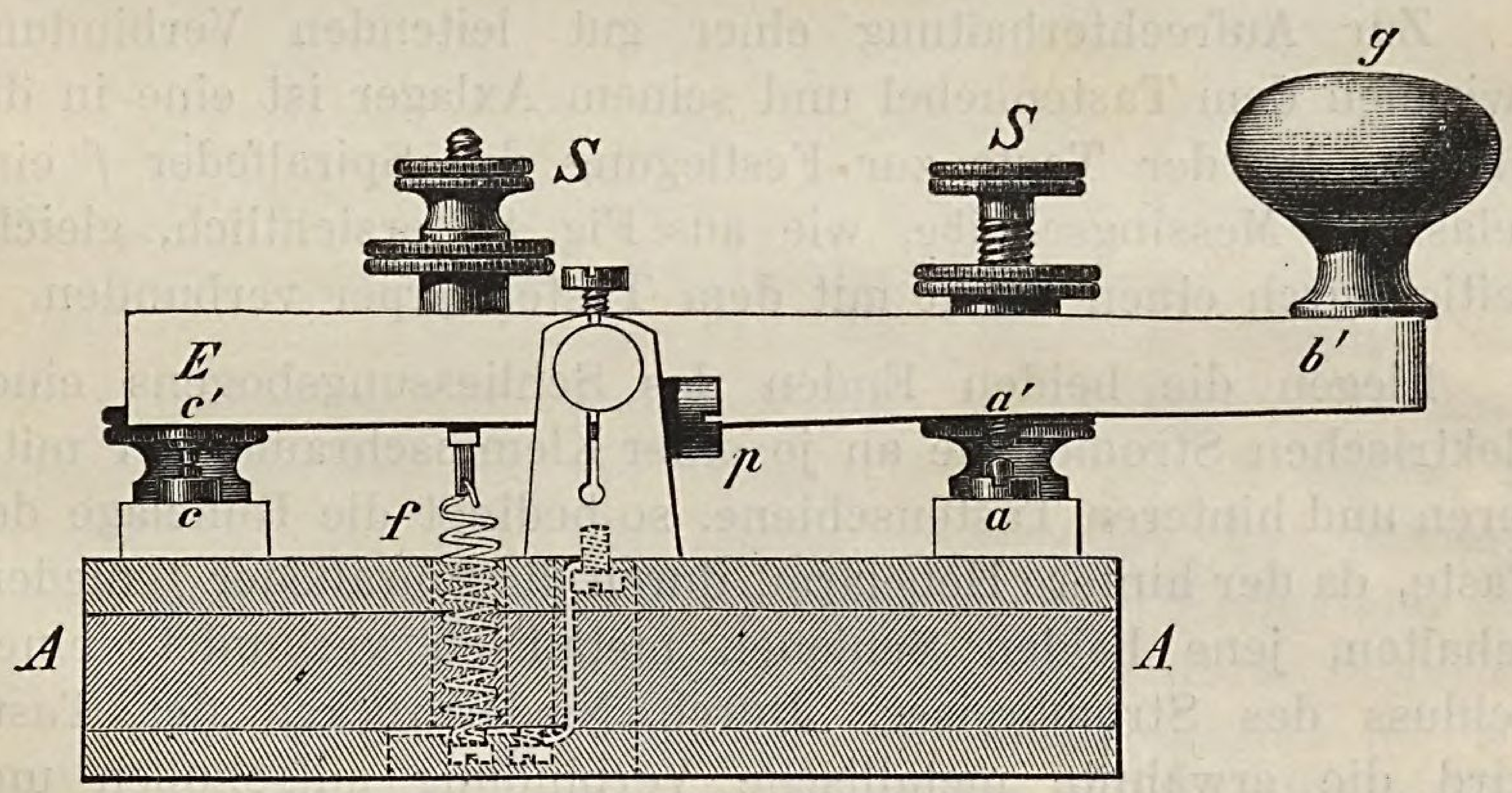


Fig. 80.

zweiten Stellschraube *S* regulirbare Feder *f* dient dazu, in der Ruhelage die hinteren Contacte gegen einander zu drücken und die vorderen von einander fern zu halten.

Die drei Schienen der Taste tragen an der rechten Seite je eine Klemmschraube, deren flacher Kopf zum Einsetzen eines Schraubenziehers mit einem Einschnitte und, damit die Schraube erforderlichen Falles auch mit den Fingern angezogen und gelöst werden kann, gleichzeitig mit einem gereifelten Doppelrande versehen ist. Während die Klemmschrauben an der ersten und dritten Schiene zu letzteren senkrecht stehen, ist diejenige an der Mittelschiene (dem Körper der Taste) parallel zur stählernen Hebelaxe angebracht. Bei den neueren Tasten ist die linke Backe des an der Mittelschiene ange-

brachten Axlagers mit einem von oben nach unten gehenden Schlitze versehen, welcher durch Anziehen oder Nachlassen der Schraube *p* behufs Festlegung oder Freimachens der linken Schraubenspitze für die Axe des Tastenhebels verengt und erweitert werden kann. Die linke Schraubenspitze trägt einen mit einer Durchbohrung versehenen cylindrischen Kopf und kann nach Lüftung der Schraube *p* mittels eines Stellstiftes an- oder zurückgezogen werden, je nachdem die stählerne Axe zwischen den Schraubenspitzen mehr oder weniger leicht beweglich sein soll. Die in die rechte Backe des Tastenkörpers oberhalb der mittleren Klemmschraube eingesetzte Spitzenschraube hat einen mit einem Einschnitte versehenen abgeflachten Kopf.

Zur Aufrechterhaltung einer gut leitenden Verbindung zwischen dem Tastenhebel und seinem Axlager ist eine in die Grundplatte der Taste zur Festlegung der Spiralfeder *f* eingelassene Messingscheibe, wie aus Fig. 80 ersichtlich, gleichzeitig durch einen Draht mit dem Tastenkörper verbunden.

Liegen die beiden Enden des Schliessungsbogens einer elektrischen Stromquelle an je einer Klemmschraube der mittleren und hinteren Tastenschiene, so bedingt die Ruhelage der Taste, da der hintere Hebelarm, durch die Spiralfeder *f* niedergehalten, jene beiden Schienen metallisch verbindet, einen Schluss des Stromkreises. Durch Niederdrücken der Taste wird die erwähnte metallische Verbindung aufgehoben und dadurch der Stromkreis geöffnet. Wenn aber die beiden Enden jenes Schliessungsbogens mit je einer Klemmschraube der mittleren und der vorderen Tastenschiene verbunden sind, so ist der Stromkreis in der Ruhelage der Taste geöffnet; erst durch Niederdrücken des Tastenhebels werden die zuletzt genannten beiden Schienen in leitende Verbindung gebracht und die Kette ist geschlossen.

Der Schreib-Apparat. Die Hauptbestandtheile des Morse'schen Schreibapparates sind das mechanische Uhrwerk und der Elektromagnet mit dem zweiarmigen Hebel, an dessen einem Ende der Anker direct über den Polen des Elektromagneten und an dessen anderem Ende eine Vorrichtung befestigt ist, welche bei Anziehung des Ankers gegen einen Papierstreifen gedrückt wird, um auf diesem Zeichen (bei langer

Ankerziehung einen Strich, bei kurzer einen Punkt) zurückzulassen. Damit eine regelmässige Gruppirung dieser Zeichen möglich wird, muss der Papierstreifen mit gleichmässiger Geschwindigkeit über die Schreibvorrichtung weggeführt werden. Dies geschieht durch das Uhrwerk, welches entweder durch ein Gewicht oder durch eine Feder getrieben wird.

Die Schreibvorrichtung bestand zuerst aus einem zugespitzten Stahlstifte, welcher in das linke Hebelende eingeschraubt war. Durchlief ein Strom die Elektromagnet-Umwindungen, so senkte sich der rechte Hebelarm mit dem von den magnetisch gewordenen Eisenkernen angezogenen Anker. Der andere Hebelarm ging in die Höhe und drückte den Stahlstift gegen den sich vorwärts bewegenden Papierstreifen. (Morse-Streifen.)

Zur Erzeugung eines sichtbaren Zeichens gehört bei den Apparaten dieser Construction, den sogenannten Reliefschreibern, eine nicht unbedeutende Druckkraft, welche nur durch eine kräftige Ankeranziehung erreicht wird. Diese ist abhängig von der magnetisirenden Wirkung des galvanischen Stromes, welche wiederum, wie wir bereits kennen gelernt haben, in directem Verhältnisse zur Stärke (Intensität) des Stromes steht. Letztere wird aber durch den grossen Widerstand der Leitungen bedeutend geschwächt, so dass sehr starke Batterien angewendet werden müssten, um dem Elektromagnet die zur Erzeugung der Reliefschrift nothwendige Kraft mitzutheilen. Diesem Uebelstande zu begegnen, schaltete man den Reliefschreiber in den Stromkreis einer Ortsbatterie, in die Leitung dagegen ein Relais, welches die durch Tastendruck gegebenen Zeichen (Punkte und Striche) durch Anschlagen des Ankerhebels gegen einen Metallcontact markirte und gleichzeitig den Stromkreis jener Ortsbatterie für den Reliefschreiber abwechselnd schloss und öffnete, so dass letzterer unter der Einwirkung gleichmässig starker Ströme deutliche Schriftzeichen liefern konnte. Eine Beschreibung des Relais folgt später.

Seit Einführung der sogenannten Farbschreiber, welche die Striche und Punkte der Morse-Schrift nicht mehr durch Eindrücke in den Papierstreifen, sondern in Farbenabdrücken auf dem Papiere wiedergeben, ist das Relais für den erwähnten Zweck übrig geworden.

Fig. 81 zeigt einen Farbschreiber. Derselbe besteht aus dem mechanischen und dem elektromagnetischen Theile. Der mechanische Theil, das Laufwerk, hat die Aufgabe, den Papierstreifen über der Schreibvorrichtung, einem am linken Ende des Schreibhebels angebrachten Farbrädchen, mit gleichmässiger Geschwindigkeit fortzubewegen. Der elektromagnetische Theil bedingt die Wiedergabe der durch Tastendruck markirten Morse-Zeichen; er besteht aus dem Elektromagnet und dem Schreibhebel mit Anker. Letzterer ist ein hohler, oben aufgeschlitzter und an beiden Enden ebenfalls nach oben abgeschrägter Cylinder aus weichem Eisen, welcher in den ringartig geformten rechten Arm des Schreibhebels so eingeschoben ist, dass seine beiden Enden den Polschuhen des Elektromagneten gegenüber stehen. Der durch einen eisernen Winkel an der rechten Seitenwand des Apparates befestigte Elektromagnet besteht aus den beiden auf eine horizontale Eisenplatte aufgesetzten hohlen Eisenkernen, welche — zur Vergrösserung der Anziehungsflächen — an ihren freien Enden nach aussen abgerundete Eisenschienen, die sogenannten Polschuhe, tragen. Auf jeden Eisenkern ist eine Drahtrolle aufgeschoben. Der 0,2 mm starke Umwindungsdraht aus Kupfer ist mit weisser Seide umsponnen; jede Rolle trägt von demselben in annähernd 6500 Umwindungen ungefähr 515 m von etwa 300 *S. E.* Widerstand.*

Werden die Eisenkerne unter der Einwirkung eines den Umwindungsdraht durchfliessenden elektrischen Stromes magnetisch, dann wird der Anker angezogen und mit ihm senkt sich der in Fig. 81 rechts sichtbare Hebelarm. Bei Entmagnetisirung der Kerne in Folge Unterbrechung des Stromes wird

* Die Länge und das Gewicht des auf Magnetisirungsspiralen zu legenden Umwindungsdrahtes berechnet sich aus den Gleichungen

$$l = (b + c) \frac{ab}{d^2} \pi \text{ und}$$

$$G = \frac{(b + c)\, ab\, \pi^2 \,.\, p}{4}$$

in welchen a die Höhe der Magnetisirungsspirale, b die Dicke derselben (Entfernung des Kernes von der Peripherie der äussersten Umwindung), c den Durchmesser des Eisenkernes, d den Durchmesser des Drahtes und p das specifische Gewicht des zu demselben verwendeten Metalles bedeutet.

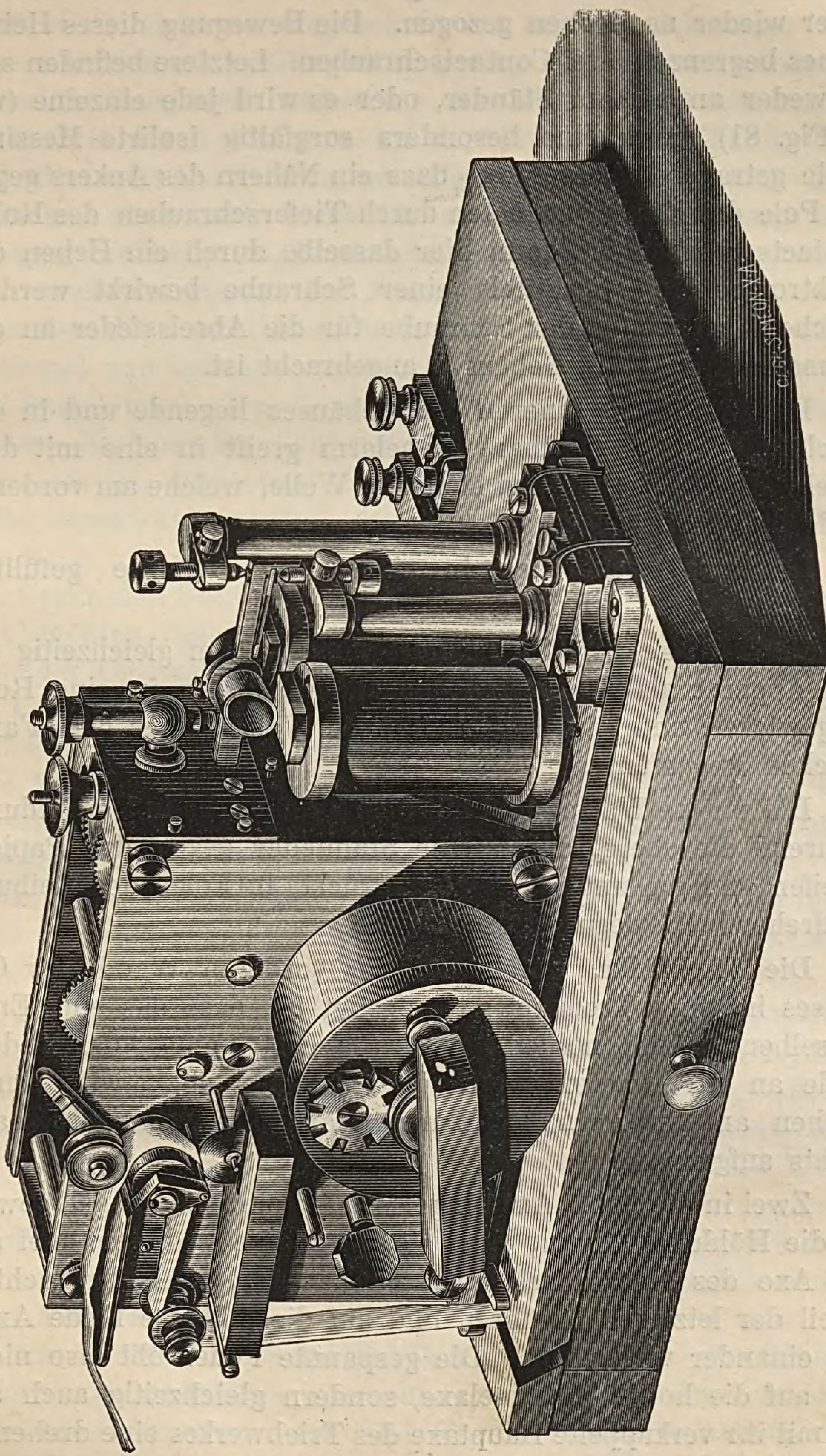


Fig. 81.

der Hebel durch die in der Figur ebenfalls sichtbare Abreissfeder wieder nach oben gezogen. Die Bewegung dieses Hebelarmes begrenzen zwei Contactschrauben. Letztere befinden sich entweder an einem Ständer, oder es wird jede einzelne (wie in Fig. 81) durch eine besonders sorgfältig isolirte Messingsäule getragen. Ausserdem, dass ein Nähern des Ankers gegen die Pole des Elektromagneten durch Tieferschrauben des Ruhecontacts möglich ist, kann hier dasselbe durch ein Heben des Elektromagneten vermittels einer Schraube bewirkt werden, welche dicht hinter der Schraube für die Abreissfeder an der schmalen Wand des Gehäuses angebracht ist.

Der zweite im Inneren des Gehäuses liegende und in der Zeichnung nicht sichtbare Hebelarm greift in eine mit dem Triebwerke in Verbindung stehende Welle, welche am vorderen Ende das Farbrädchen trägt.

Letzteres dreht sich in einem mit Oelfarbe gefüllten Behälter.

Der Morse-Streifen befindet sich in dem gleichzeitig für den Apparat als Fussgestell dienenden Kasten in eine Rolle aufgewickelt und wird zwischen zwei Walzen über dem Farbrädchen weggeführt.

Die untere Walze steht mit dem Triebwerke in Verbindung, während die obere, durch eine Stahlfeder gegen den Papierstreifen und die untere Walze gedrückt, in Folge der Reibung in drehende Bewegung gesetzt wird.

Die Triebfeder, welche an der vorderen Wand des Gehäuses in einer Trommel so befestigt ist, dass das eine Ende derselben an der hohlen Axe der Federtrommel, das andere Ende an der inneren Wand der Trommel sitzt, wird durch Drehen an der vorn sichtbaren Handhabe von links nach rechts aufgezogen.

Zwei in die hohle Axe eingelassene Schrauben ragen soweit in die Höhlung hinein, dass sie, wenn die Federtrommel auf die Axe des Hauptrades aufgeschoben ist, den abgeflachten Theil der letzteren berühren und auf diese Weise beide Axen mit einander verkuppeln. Die gespannte Feder übt also nicht nur auf die hohle Trommelaxe, sondern gleichzeitig auch auf die mit ihr verkuppelte Hauptaxe des Triebwerkes eine drehende Kraft aus.

Je mehr eine Feder angespannt wird, mit desto grösserer Kraft wirkt sie, und umgekehrt. Da nun die Spannung derselben in den ersten Gängen zu gering ist, um einen genügend schnellen Gang des Laufwerkes am Morse-Apparate zu bewirken, ist durch den vorn an der Trommel sichtbaren Controle-Stern die Vorrichtung getroffen, dass die Feder nicht ganz ablaufen, aber auch nicht bis zur höchsten Spannung aufgezogen werden kann. Durch letztere Vorsichtsmaassregel sucht man dem Zerreissen der Feder vorzubeugen. Ein Zurückschnellen der Kurbel beim Aufziehen verhindert eine zwischen Trommel und Gehäuse angebrachte Sperrvorrichtung (Sperrrad und Sperrklinke). Den Gang des aus 7 Zahnrädern und 3 Hohltrieben bestehenden Laufwerkes, dessen Geschwindigkeit so bemessen ist, dass etwa 160 cm Papier in der Minute von der Rolle abgewickelt werden, regulirt der im Inneren befindliche Windfang.

Gegen den Rand einer an dem unteren Theile des letzteren angebrachten Scheibe federt ein Metallstreifen, welcher bei ruhender Correspondenz seine Bewegung hindert und hiermit das Laufwerk anhält. Der an der vorderen Wand des Apparatgehäuses unten links von der Federtrommel in Fig. 81 sichtbare Messinghebel, welcher bis in die hintere Wand des Gehäuses reicht und hier um eine Axe drehbar befestigt ist, trägt innerhalb des Gehäuses einen Stahlstift; derselbe hebt bei horizontaler Drehung des Hebels nach links jene Arretirungsfeder von der Scheibe des Windfanges ab und giebt das Laufwerk frei.

Damit bei der Anziehung des Ankers das Farbrädchen gegen den Papierstreifen gedrückt werden kann, ist das vordere Axloch der Welle desselben weit genug gebohrt, um dieser eine (natürlicherweise begrenzte) Bewegung nach oben und unten zu gestatten. Bei vielen Apparaten besteht diese Welle aus zwei Theilen, von denen der hintere fest in besonderen Metalllagern mit dem Triebwerke in Verbindung steht, während der vordere mit seinem cylindrischen Ende lose auf den hinteren aufgeschoben ist.

An der hinteren Seite der Grundplatte (bezw. des Schubkastens) der mit zwei von einander isolirten Contactsäulen versehenen Apparate sind fünf Klemmen zur Aufnahme der Zuführungsdrähte angebracht. Die beiden mit *A* und *B* bezeich-

neten stehen mit je einem Ende der Elektromagnet-Umwindungen, die mit 1, 2, 3 bezeichneten mit Telegraphir-, Ruhecontact und Körper des Apparates in Verbindung. Die bezüglichen Verbindungsdrähte sind, um jede Berührung unter sich zu verhüten, mit Seide oder Wolle übersponnen und meistentheils an der unteren Fläche der Grundplatte grösserer Sicherheit wegen noch in Rinnen eingelegt.

Die Farbschreiber mit einem für beide Contacte gemeinschaftlichen Ständer tragen nur zwei mit den Enden der Elektromagnet-Umwindungen leitend verbundene Klemmen. An vielen Farbschreibern findet man auch den in Fig. 50 gezeichneten Umschalter zur Neben- bezw. Hintereinanderschaltung der Elektromagnetrollen.

Morse-Alphabet.

a. Die Buchstaben.

a	· —	*o*	— — —
b	— · · ·	*p*	· — — ·
c	— · — ·	*q*	— — · —
d	— · ·	*r*	· — ·
e	·	*s*	· · ·
é	· · — · ·	*t*	—
f	· · — ·	*u*	· · —
g	— — ·	*v*	· · · —
h	· · · ·	*w*	· — —
ch	— — — —	*x*	— · · —
i	· ·	*y*	— · — —
k	— · —	*z*	— — · ·
l	· — · ·	*ae*	· — · —
m	— —	*ue*	· · — —
n	— ·		

b. Die Ziffern.

1	· — — — —	abgekürzt	· —
2	· · — — —	„	· · —
3	· · · — —	„	· · · —
4	· · · · —	„	· · · · —
5	· · · · ·	„	· · · · ·
6	— · · · ·	„	— · · · ·

7	▬ ▬ ▪ ▪ ▪	abgekürzt	▬ ▪ ▪ ▪
8	▬ ▬ ▬ ▪ ▪	"	▬ ▪ ▪
9	▬ ▬ ▬ ▬ ▪	"	▬ ▪
0	▬ ▬ ▬ ▬ ▬	"	▬

c. Die Interpunktionszeichen.

. Punkt	▪ ▪ ▪ ▪ ▪ ▪
; Semikolon	▬ ▪ ▬ ▪ ▬ ▪
, Komma	▪ ▬ ▪ ▬ ▪ ▬
: Kolon	▬ ▬ ▬ ▪ ▪ ▪
? Fragezeichen	▪ ▪ ▬ ▬ ▪ ▪
! Ausrufungszeichen	▬ ▬ ▪ ▪ ▬ ▬
— Bindestrich	▬ ▪ ▪ ▪ ▪ ▬
' Apostroph	▪ ▬ ▬ ▬ ▬ ▪
/ Bruchstrich	▬ ▬ ▬ ▬ ▬ ▬
Derselbe abgekürzt	▬ ▬
() Klammer	▬ ▪ ▬ ▬ ▪ ▬
Alinea	▪ ▬ ▪ ▬ ▪ ▪

d. Dienstzeichen.

S. Staats-Telegramm	▪ ▪ ▪
B. Bahnbetriebs-Telegramm	▬ ▪ ▪ ▪
A. Amts-Telegramm	▪ ▬
P. Privat-Telegramm	▪ ▬ ▬ ▪
D. Dringend	▬ ▪ ▪
R. *(reçu)* das dreimal zu wiederholende Quittungszeichen	▪ ▬ ▪
Wartezeichen	▪ ▬ ▪ ▪ ▪
Verstanden	▪ ▪ ▪ ▬ ▪
Schlusszeichen	▪ ▬ ▪ ▬ ▪

Trennungszeichen (der Adresse und Unterschrift vom Texte)

▬ ▪ ▪ ▪ ▬

Correction ▪ ▪ ▪ ▪ ▪ ▪ ▪ ▪ ▪ ▪

Zur Erzielung einer deutlichen Morseschrift ist unbedingt erforderlich, dass alle Punkte, Striche und gleichnamigen Zwischenräume durchgehends dieselbe vorgeschriebene Länge besitzen: der Strich sei dreimal so lang als ein Punkt und der Zwischenraum von je zwei Zeichen gleich der Länge

eines Striches und von je zwei Worten gleich der Länge zweier Striche.

Die im Vorstehenden gegebenen Morse-Schriftzeichen macht der Schreibapparat auf dem Morse-Streifen sichtbar, wenn dieselben durch eine in den betreffenden Stromkreis geschaltete Taste markirt werden. Je nachdem aber durch Tastendruck die offene Kette geschlossen oder ein geschlossener Stromkreis geöffnet wird, entstehen jene Schriftzeichen entweder in Folge Anziehung des Ankers an die Pole des Elektromagneten oder indem der Anker durch die Abreissfeder von den Kernen abgezogen wird.

Fig. 82 zeigt die Schaltung der beiden Hauptapparate, des Farbschreibers und der Taste, für Arbeitsstrom: Die vordere

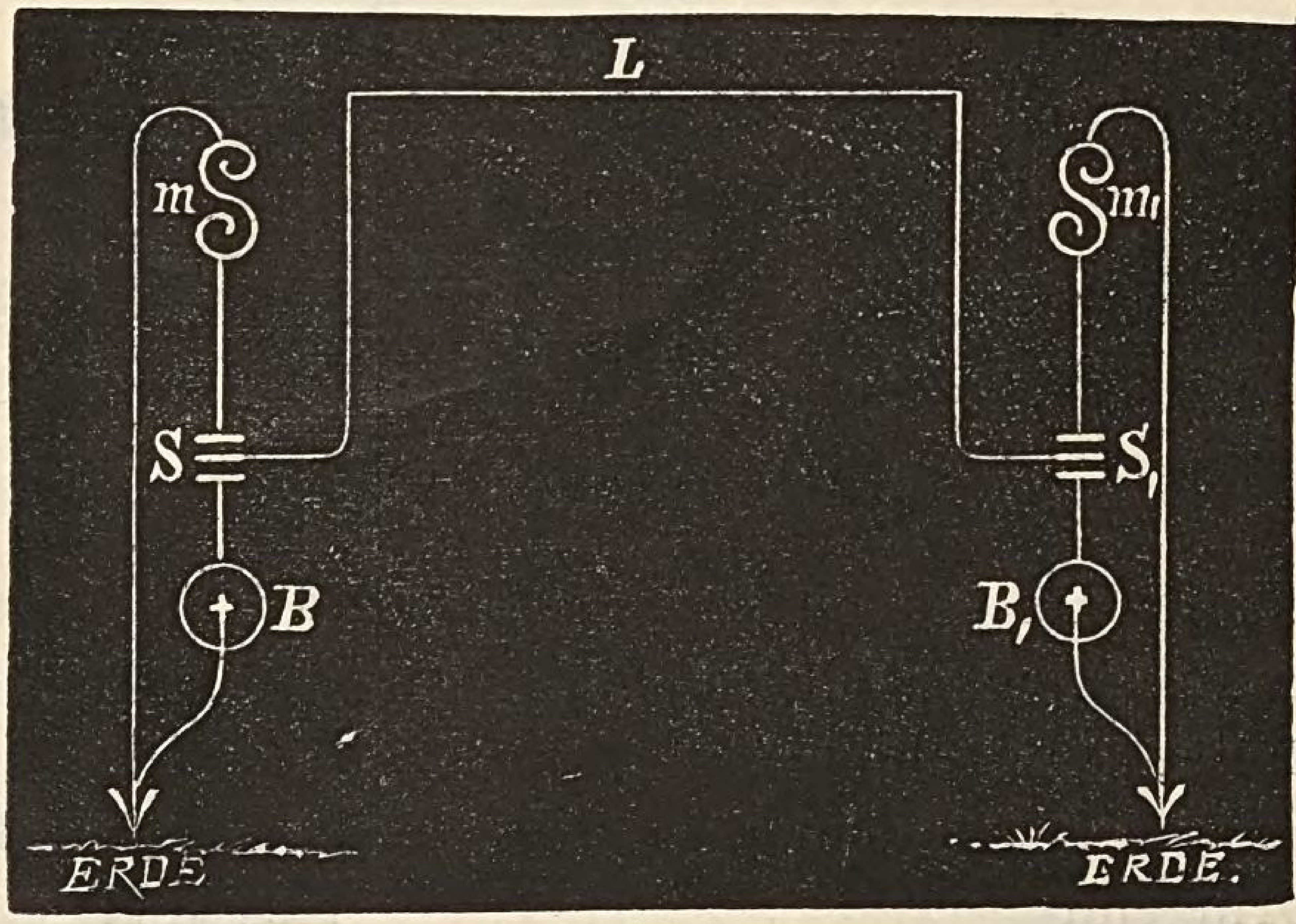


Fig. 82.

Schiene der Taste (Telegraphirschiene) jedes Amtes ist hier mit dem Zinkpole der Batterie, die mittlere (der Körper) mit der Leitung, die hintere mit dem einen Ende der Elektromagnet-Umwindungen des Farbschreibers verbunden. Das andere Ende dieser Umwindungen, sowie der Kupferpol der Batterie stehen mit der Erde in leitender Verbindung. Wird auf dem Amte I Taste gedrückt und dadurch der Körper der Taste *S* mit der Telegraphirschiene in leitende Verbindung gebracht, während gleichzeitig die Verbindung der hinteren Schiene und des Körpers aufgehoben wird, dann tritt der galvanische Strom aus der Batterie an die Telegraphirschiene, geht von da über den vorderen Hebelarm und Körper der Taste in die Leitung, um aus derselben auf dem Amte II über

Tastenkörper S_1, hinteren Hebelarm und den mit ihm (in der Ruhelage der Taste) metallisch verbundenen hinteren Contact durch die Elektromagnet-Umwindungen m_1 zur Erde abzufliessen.

Der Anker auf Amt II wird so lange angezogen, als Strom in der Leitung und den Umwindungen circulirt, d. h. so lange, als auf Amt I Taste gedrückt wird.

Aber nicht nur dadurch, dass man in eine stromlose Leitung Strom entsendet, sondern auch durch Unterbrechung eines geschlossenen Stromkreises können telegraphische Zeichen gegeben, bezw. auf dem Morse'schen Schreibapparate Schriftzeichen erzeugt werden. Man nennt den galvanischen Strom,

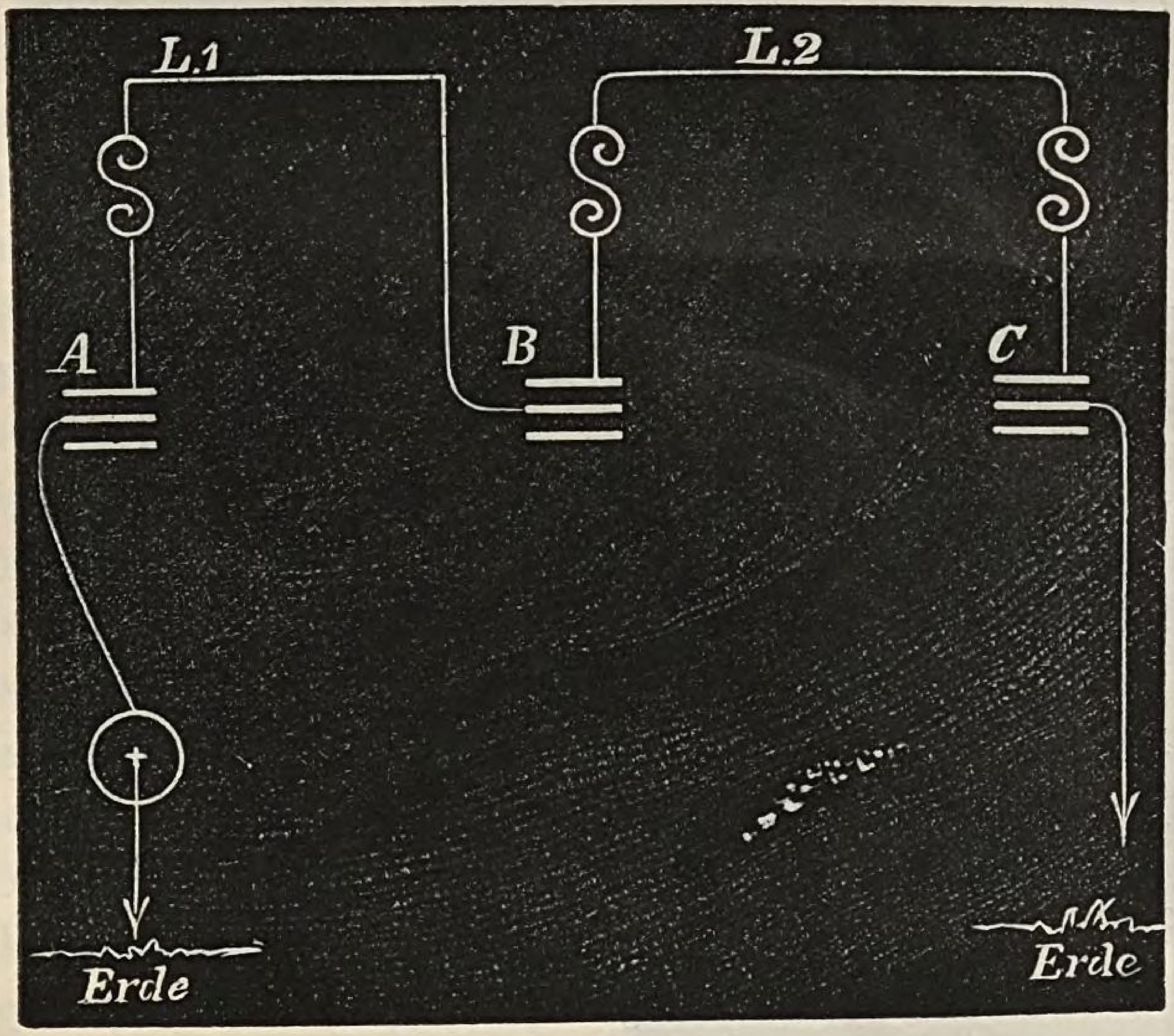


Fig. 83.

welcher beständig in der Leitung circulirt und nur beim Telegraphiren zeitweise unterbrochen wird, Ruhestrom. Derselbe findet hauptsächlich für die sogenannten Omnibus-Leitungen, in welchen eine grössere Anzahl von Aemtern liegt, nach den in Fig. 83 und 84 gegebenen Anordnungen Verwendung. Der Stromkreis der nach Fig. 83 nur auf dem Amte *A* aufgestellten Batterie ist, so lange sich sämmtliche Tasten in der Ruhelage befinden, durch die Leitungszweige L_1 und L_2, sowie durch die Apparatsysteme der drei Aemter und durch die Erdleitungen

von *A* und *C* geschlossen. Wird eine der drei Tasten niedergedrückt und hierdurch der Stromkreis an betreffender Stelle unterbrochen, dann ist die ganze Leitung stromlos: die bisher von den Elektromagneten der Schreibapparate angezogenen Anker werden losgelassen und die Hebel legen sich gegen die oberen Contactschrauben.

In Fig. 84 sind sämmtliche Aemter — wie dies für den Ruhestrombetrieb jetzt allgemein angeordnet ist — mit Batterieen versehen, d. h. die für den Betrieb der ganzen Leitung erforderliche Anzahl von Elementen ist im Verhältnisse der Entfernungen der Aemter auf letztere vertheilt.

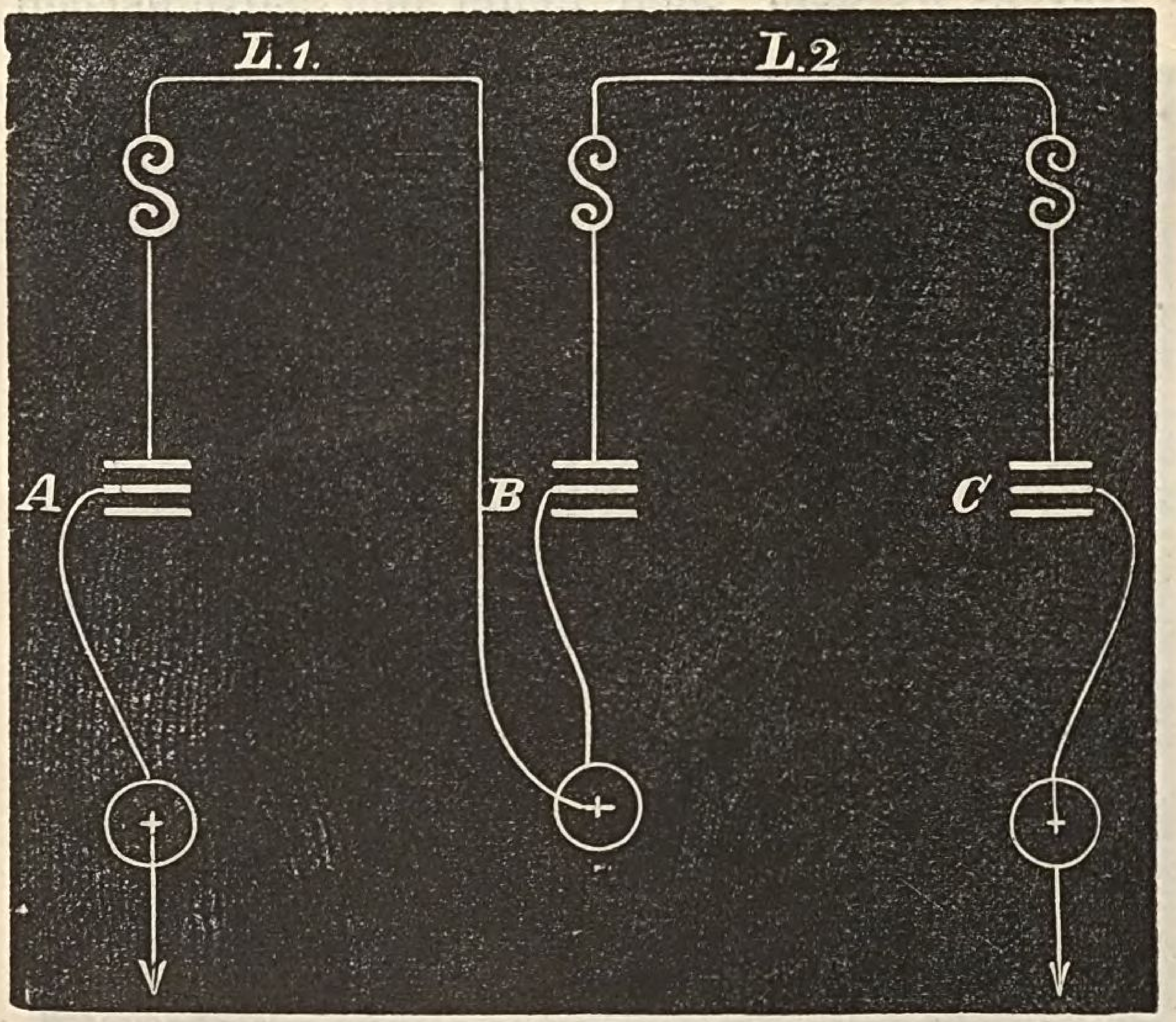


Fig. 84.

Damit diese einzelnen Batterieen sich in ihren Wirkungen ergänzen, d. h. ihren Strom in gleicher Richtung durch die Leitung senden, müssen sie durch die Leitungstheilstrecken mit ungleichnamigen Polen unter sich verbunden sein. In der Deutschen Reichs-Telegraphen-Verwaltung erfolgt die bezügliche Schaltung stets derart, dass nach östlicher Richtung negativer, nach westlicher Richtung positiver Strom entsendet wird. Von zwei Endämtern einer Leitung wird also das östlich, bezw. östlicher gelegene den negativen, das westlich bezw. westlicher gelegene den positiven Pol an Erde zu legen haben, während

die Zwischenämter den nach dem ersteren führenden Leitungszweig mit dem negativen und den nach dem letzteren führenden Leitungszweig mit dem positiven Batteriepole verbinden.

Der Schreibhebel am Farbschreiber. — Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, ist beim Arbeiten in einer Ruhestromleitung die Bewegungsrichtung des Ankerhebels am Schreibapparate derjenigen bei Arbeitsstrom entgegengesetzt. Unter Anwendung eines gewöhnlichen zweiarmigen Hebels würden die Schreibvorrichtungen der in eine Ruhestromleitung geschalteten Apparate, so lange sämmtliche Tasten ruhen, gegen den Morsestreifen drücken und bei Aufhebung der Arretirung des Laufwerkes einen Strich auf dem Streifen erscheinen lassen. Beim Niederdrücken einer Taste in der Leitung würde letztere stromlos werden, die Anker der Schreibapparate würden durch die Abreissfedern von den Elektromagnetpolen abgehoben und gleichzeitig die an den Enden der linken Hebelarme angebrachten Schreibvorrichtungen vom Morsestreifen entfernt werden: es würde also der vorher erzeugte Strich eine der Dauer des Tastendruckes entsprechende Unterbrechung erhalten, bezw. würden alle mit der Taste markirten Morsezeichen auf dem Papierstreifen durch Gruppen von Unterbrechungen eines im Uebrigen fortlaufenden Striches gebildet werden. Dass eine derartige Morseschrift zu wenig deutlich hervortritt, um leicht abgelesen werden zu können, erklärt sich von selbst.

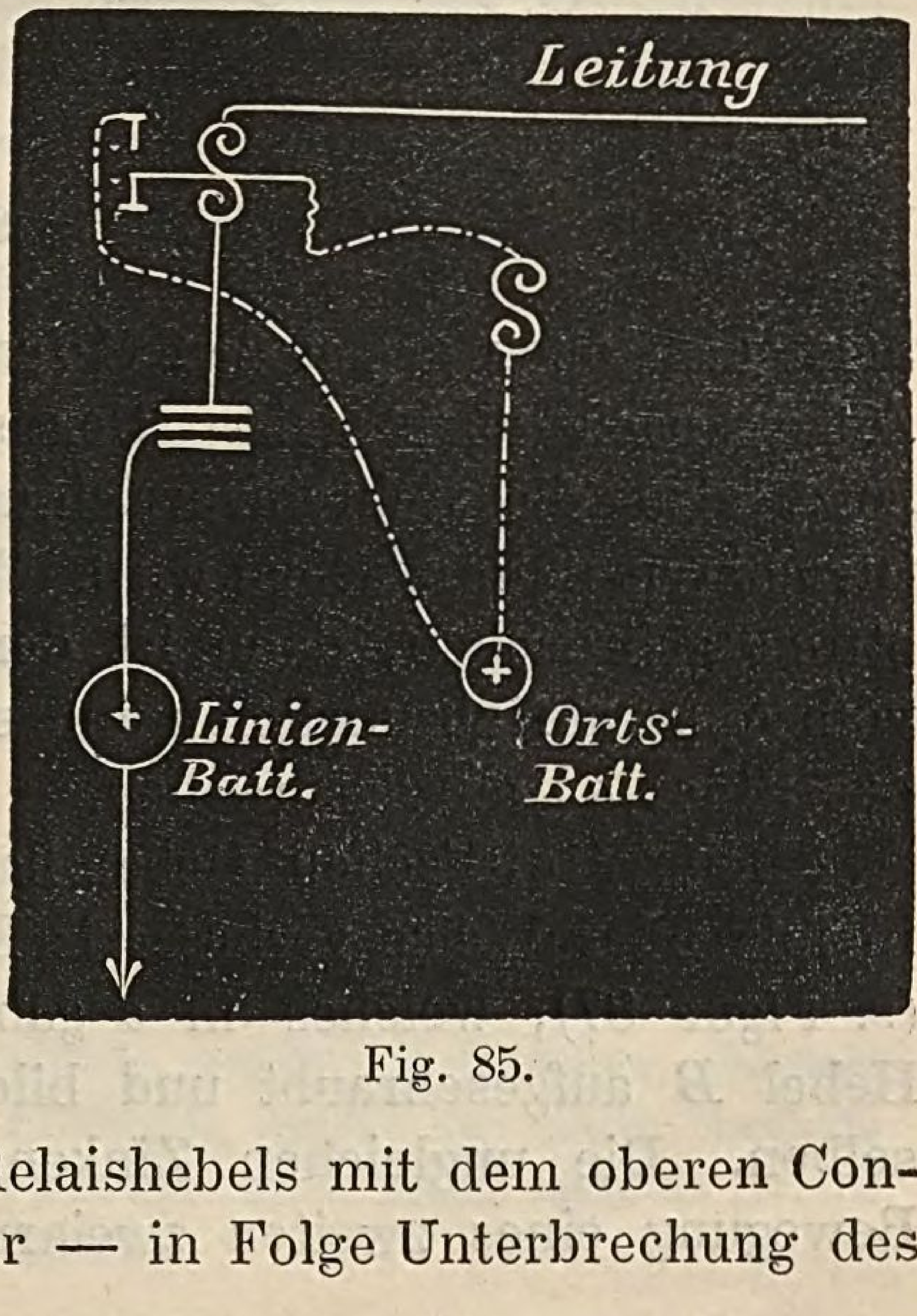


Fig. 85.

Diesem Uebelstande zu begegnen, benutzte man auch hier in der ersten Zeit das Relais. Die Elektromagnetumwindungen desselben wurden in die Leitung, diejenigen des Schreibapparates aber in den Stromkreis einer Ortsbatterie derart geschaltet, dass letztere, so lange der Relaisanker angezogen war, offen stand, während die Berührung des Relaishebels mit dem oberen Contacte bei freigelassenem Anker — in Folge Unterbrechung des

Linienstromes — den Schluss der Ortsbatterie und das Ansprechen des Schreibapparates veranlasste. In Fig. 85 ist eine derartige Schaltung gegeben.

Wiehl hat zuerst einen Schreibhebel construirt, bei welchem beide Hebelenden in gleichem Sinne bewegt werden, bei welchem also die Schreibvorrichtung, bezw. das Farbrädchen gegen den Morsestreifen drückt, sobald der Anker durch die Abreissfeder von den Elektromagnetpolen abgehoben wird. Die Einrichtung dieses sogenannten gebrochenen Schreibhebels macht Figur 86 ersichtlich.

Wird der Anker *mm* von den Polen des Elektromagneten angezogen, dann hebt sich der Arm *ab* des im Punkte *G* drehbaren Hebels *B*. Ein zweiter Hebel *A*, welcher seinen Drehpunkt in *g* hat, bewegt sich gleichzeitig, indem der vordere Theil *eg* vermöge seiner Schwere nach unten fällt. Wird der Anker *mm* bei Stromesunterbrechung losgelassen und durch die Abreissfeder nach oben gezogen, dann geht *ab* nach unten, drückt auf das Ende *d* des Hebels *A* und bewirkt ein Aufwärtsgehen des Endes *e* mit dem Farbrädchen. Letzteres wird

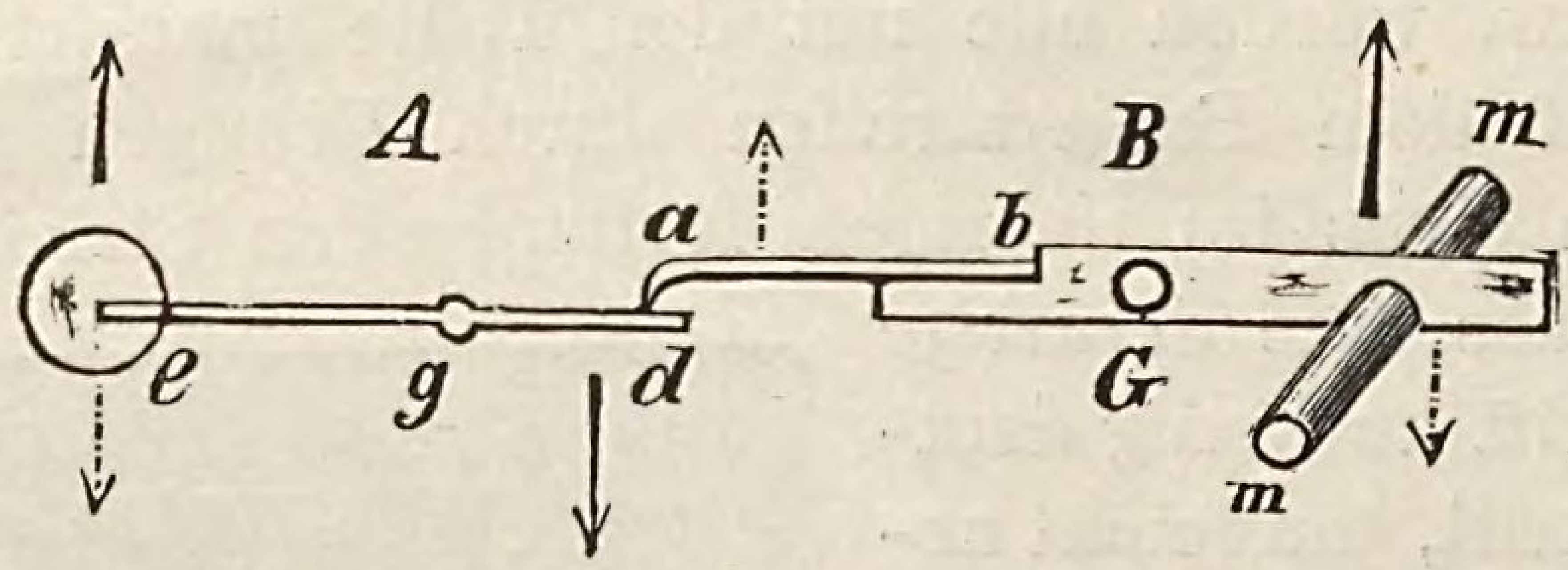


Fig. 86.

also nach oben gegen den Morsestreifen gedrückt, wenn der Anker nach oben geht. Der sogenannte gebrochene Hebel setzt also die Schreibvorrichtung in Thätigkeit, wenn der Stromkreis unterbrochen wird. Will man den Hebel für Arbeitsstrom gebrauchen, dann ist der vordere bewegliche Theil *A* vom Apparate abzunehmen und statt dessen ein fester Arm auf das Stück *ab* aufzuschrauben.

Den Wiehl'schen Hebel hat Postrath von Brabender in folgender Weise verbessert: Ein federndes Stahlstäbchen *ce* (s. Figur 87), welches in *c* gabelförmig endet, ist auf den Hebel *B* aufgeschraubt und bildet so den linken Arm desselben. Die ungleichen Zinken der Gabel *cg* bewirken die Bewegung eines zweiten zweiarmigen in *a* drehbaren Hebels

iab. Wird die Schraube *d* nach rechts gedreht und so tief geschraubt, dass *c* auf das Hebelende *b* drückt, dann geht, wenn der Anker *m* losgelassen und durch die Abreissfeder nach oben gezogen wird, das Ende *i* ebenfalls nach oben und

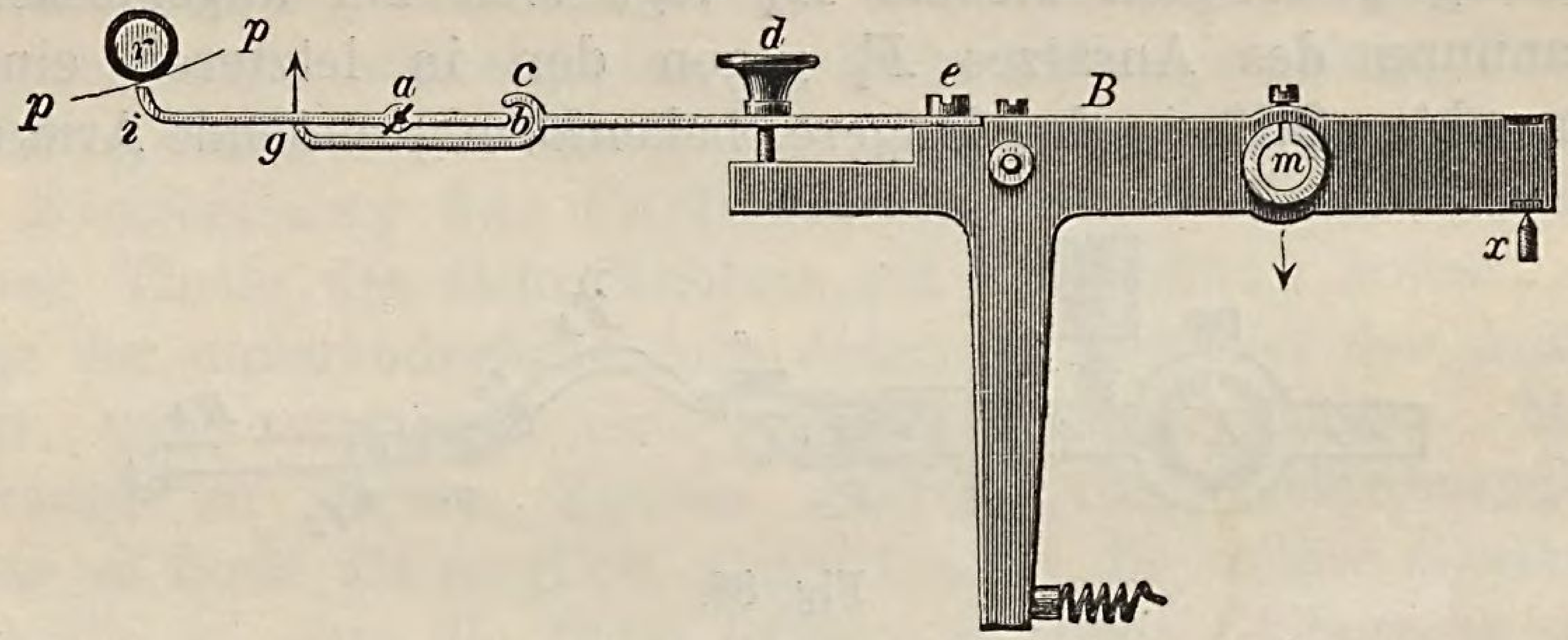


Fig. 87.

drückt gegen den Morsestreifen *pp*.* Wird dagegen die Schraube *d* nach links gedreht, also der Druck derselben auf *ce* vermindert, so dass beim Anfange der Ankeranziehung die Zinke *g* gegen den Arm *ia* des vorderen kleinen Hebels drückt, dann hebt sich das Ende *i*, wenn der Anker *m* sich senkt.

Erstere Schraubenstellung macht die Vorrichtung für Ruhestrom, letztere für Arbeitsstrom brauchbar.

Der bei den Morse-Apparaten neuester Construction (s. Fig. 81) verwendete Schreibhebel darf nur als eine Verbesserung seiner eben besprochenen Vorgänger betrachtet werden. Ein neues Princip ist in demselben nicht aufgestellt.

An den in das Innere des Farbschreibers hineinreichenden Hebelarm H_2 H_3 (Fig. 88 u. 89) ist an der unteren Seite bei H_3 das zu einer u-förmigen Feder ausgearbeitete Ende des die Axe h_1 umfassenden Ansatzes F_2 angeschraubt. Die durch das Ansatzstück F_2 und durch das Ende H_3 des Hebelarmes durchgreifende Schraube *s* dient zum Heben und Senken des

* Wir lernen hier zugleich eine neue Schreibvorrichtung (von Digney) kennen. Das Farberädchen ist nicht mit dem Hebel verbunden, sondern dreht sich frei mit seiner Welle über dem Morsestreifen, welcher durch das aufwärts gebogene vordere Hebelende gegen das Rädchen gedrückt wird. Indem sich letzteres an einer Filzwalze, welche aus einem oberhalb befindlichen Farbekasten mit Oelfarbe getränkt wird, reibt, lässt es farbige Striche und Punkte auf dem Streifen zurück.

Ansatzstückes F_2. In das andere Ende dieses Ansatzstückes ist die kleine Stahlaxe q, um welche sich der zweiarmige Hebel H_4 mit dem daran befestigten kleinen Messingwinkel gelenkartig bewegt, fest eingesetzt. Der kürzere Arm des aus Messing gefertigten Hebels H_4 legt sich bei angemessener Spannung des Ansatzes F_2 gegen den in letzteren eingeschraubten Stift t_1; der längere, hakenförmig endende Arm des

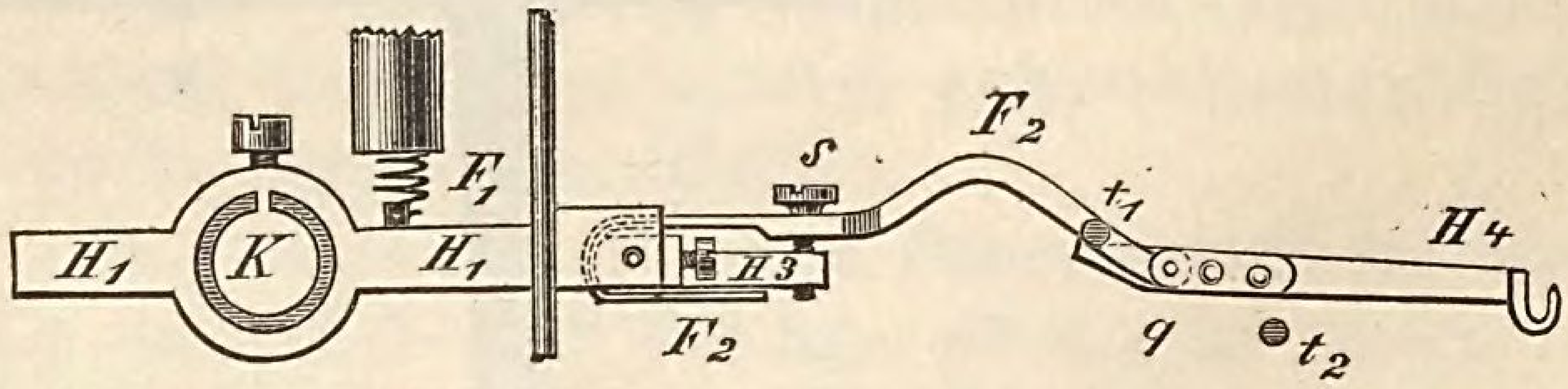


Fig. 88.

Hebels H_4 umfasst die mit einer Nute versehene Axe des Schreibrädchens o und legt sich, wenn die Schraube s entsprechend niedergeschraubt ist, auf den in die Apparatwange W eingelassenen Schraubenstift t_2.*

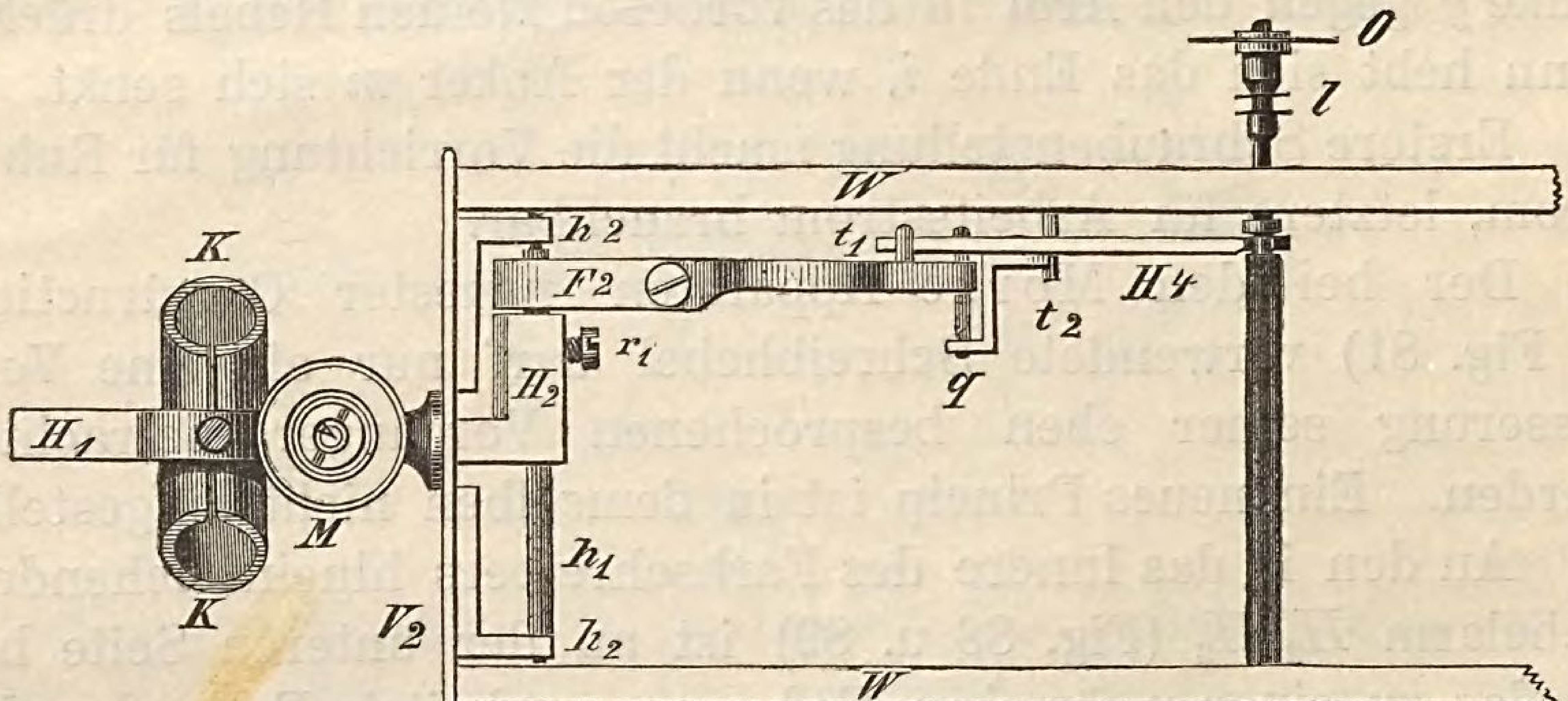


Fig. 89.

Für **A r b e i t s s t r o m** ist nach Vorstehendem die Schraube s so einzustellen, dass sich der Hebel H_4 an den Stift t_1 legt; er wird dann durch die Stifte q und t_1 mit F_2 zu **e i n e m** Hebelarme verbunden, welcher bei Ankeranziehung die Welle des Farbrädchens nach oben hebt. Für **R u h e s t r o m** muss die Schraube s soweit angezogen werden, bis sich H_4 auf

* Beschreibung der in der Reichs-Telegraphen-Verwaltung gebräuchlichen Apparate S. 19.

den Stift t_2 legt und in diesem einen Drehpunkt erhält, wenn beim Hochgehen des Ankers der Stift q das kürzere freie Ende von H_4 herabzieht und hiermit den längeren Arm mit der Welle des Farbrädchens hebt. Wird der Anker angezogen, so hebt sich F_2, der Stift q zieht den kürzeren Hebelarm von H_4 nach oben, während sich der längere Arm in seinem Drehpunkte t_2 nach unten senkt.

Einstellung des Farbschreibers. — Wenn die einzelnen Theile des Schreibhebels gut functioniren sollen, so muss der unveränderliche Arm desselben, welcher den Anker trägt, von vornherein eine bestimmte Lage erhalten. Man schraubt zu diesem Zwecke zunächst die Elektromagnetkerne so hoch als möglich, regulirt dann die untere Contactschraube so, dass die durch letztere bedingte Entfernung des angezogenen Ankers von den Polen des Elektromagneten Papierdicke nicht übersteigt. Demnächst wird der obere Contact so eingestellt, dass die Entfernung seiner Spitze von dem ihm gegenüberliegenden Punkte der oberen Hebelfläche bei angezogenem Anker etwa 1 mm beträgt. Ist in dieser Weise die Lage des Hebels bestimmt und die Bewegung desselben begrenzt worden, so hat man unter Berücksichtigung der auf den Elektromagnet wirkenden Stromstärke die Entfernung des Ankers von den Elektromagnetpolen wieder zu vergrössern und die Abreissfeder zu reguliren. Wenn letztere noch neu ist, bezw. an Spannkraft nichts verloren hat, dann darf man sie Anfangs nicht mehr als halb anspannen, d. h. die betreffende Regulirschraube höchstens bis zur Hälfte ihres Schraubengewindes anziehen; hiernach wird das Elektromagnetsystem so weit gesenkt, dass der Anker sich bei Stromunterbrechung von der Abreissfeder hochziehen und anderseits bei Wiedereintritt des Stromes von den hierdurch magnetisirten Eisenkernen anziehen lässt. Je nachdem der Apparat in eine Ruhe- oder Arbeitsstromleitung geschaltet ist, bleibt endlich die Schraube s des Schreibhebels (Fig. 88) in der bei Beschreibung des gebrochenen Hebels angegebenen Weise zu reguliren.

Ist der Farbschreiber in dieser Weise einmal gut eingestellt, dann werden in den meisten Fällen die durch Veränderungen des elektrischen Zustandes der Leitung bedingten Nachregulirungen an der Schraube der Abreissfeder vorgenommen

werden können; nur wenn letztere bereits über die Hälfte angespannt ist und die Entfernung des angezogenen Ankers von den Elektromagnetpolen weniger als 1 mm beträgt, ist einer weiteren Federanspannung das Senken des Elektromagnetsystemes vorzuziehen.

Macht irgend welcher Umstand das Abnehmen der Federtrommel erforderlich, dann hat man durch Ablaufenlassen des Apparates zunächst die Aufziehfeder abzuspannen; dann drehe man die hinter dem hölzernen Griffe der Trommel befindliche Schraubenmutter von der Federaxe auf den dem Ende derselben gegenüber stehenden, in den Holzgriff eingesetzten Schraubenstift; hiernach bewege man die Trommel mittels des Holzgriffes ein wenig nach rechts, um den in das Sperrrad, welches an der hinteren Wand der Trommel sitzt, eingreifenden Zahn der Sperrklinke nur zu lockern.

Demnächst hebe man — etwa mit Hilfe eines Drahtstückes — den abgerundeten Theil der Sperrklinke so weit, dass man durch Drehung der Federtrommel nach links die Verkuppelung ihrer hohlen Axe mit der Axe des Hauptrades lösen kann. Ist dies geschehen, dann folgt die Federtrommel einem gleichzeitig anzuwendenden Zuge nach vorn und lässt sich leicht abziehen.

Der polarisirte Farbschreiber. — Polarisirte Apparate — Relais oder Farbschreiber — unterscheiden sich von den gewöhnlichen Apparaten hauptsächlich durch die Einrichtung des elektromagnetischen Theiles. Die Kerne des Elektromagneten sind bei denselben permanent magnetisch; die durch den elektrischen Strom hervorgerufenen Veränderungen dieses vorhandenen Magnetismus bedingen die Bewegung des Ankers und Schreibhebels.

In Fig. 90 ist ein polarisirter Farbschreiber von Siemens-Halske dargestellt. Auf dem Nordpole eines breiten rechtwinklig gebogenen Stahlmagneten sitzen zwei Kerne aus weichem Eisen mit aufgeschobenen Drahtrollen. Da Eisen in Berührung mit Magneten selbst magnetisch wird, so müssen die freien Enden jener Kerne Nordmagnetismus annehmen. — Der andere Schenkel des Stahlmagneten liegt parallel zu den Drahtrollen; sein freies Ende, der Südpol, ist behufs Aufnahme der stählernen Axe des Schreibhebels CC' aufgeschlitzt.

Letztere lagert einerseits im Punkte B der vorn sichtbaren Deckplatte und anderseits in einem B gegenüber liegenden Punkte des Ausschnittes. Der Schreibhebel besteht aus dem den rechten Hebelarm bildenden eisernen Anker C und dem

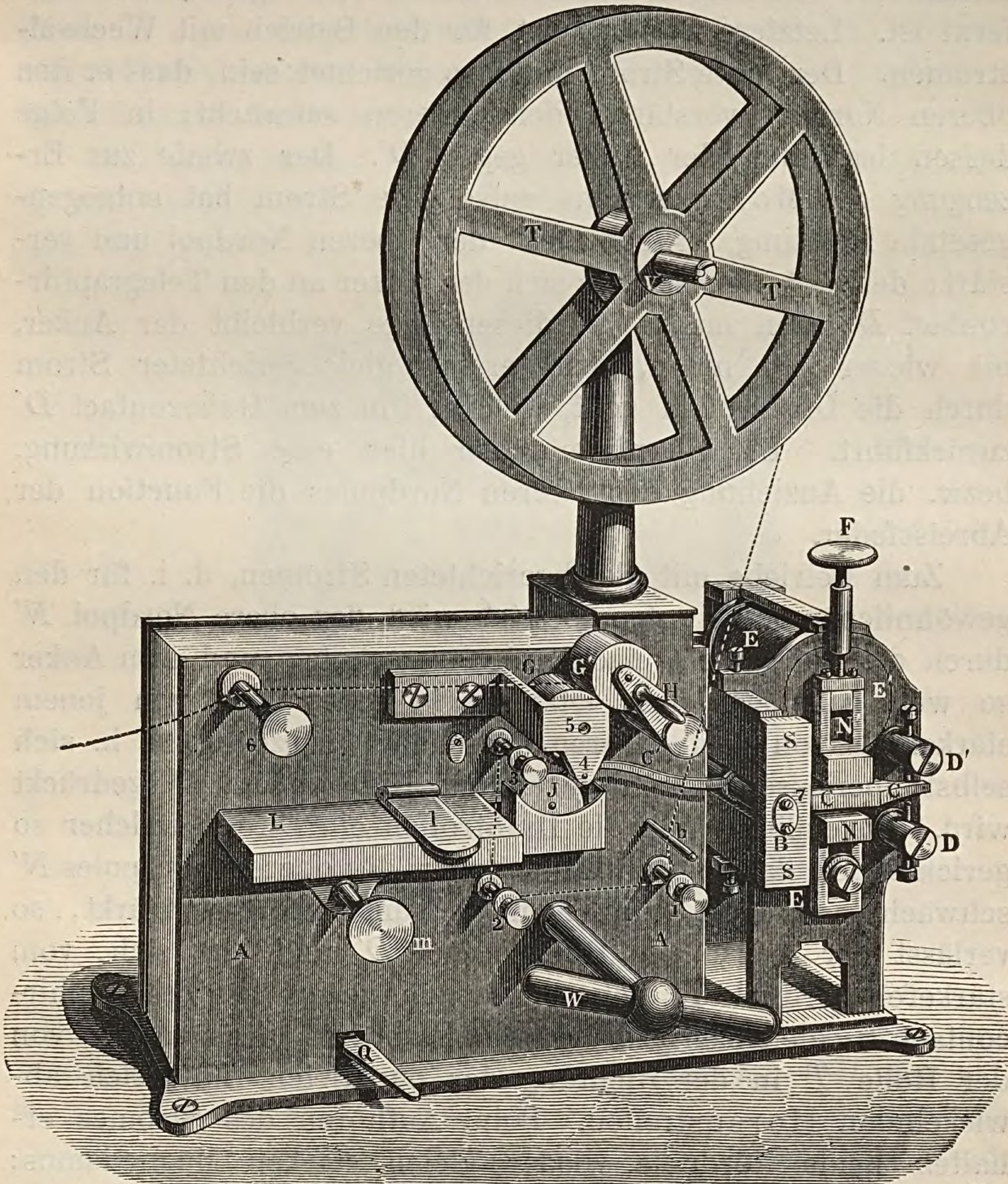


Fig. 90.

den linken Hebelarm bildenden, aus Messing gearbeiteten Träger des Farbrädchens. Der Anker ist durch Vertheilung südmagnetisch geworden und bewegt sich zwischen den Schuhen der Nordpole N und N' nach oben und unten. Diese

Bewegung begrenzen die Contactschrauben *D* und *D'*. Die Polschuhe können durch die Schraube *F* so gestellt werden, dass entweder der obere oder der untere dem Anker *C* näher steht, oder dass dieser zwischen den Contacten *D* und *D'* schwebend von beiden Schuhen der Nordpole gleich weit entfernt ist. Letztere Stellung ist für den Betrieb mit Wechselströmen. Der erste Strom muss so gerichtet sein, dass er den oberen Nordpol verstärkt, den unteren schwächt; in Folge dessen legt sich der Anker gegen *D'*. Der zweite zur Erzeugung des Morsezeichens entsendete Strom hat entgegengesetzte Richtung, er schwächt den oberen Nordpol und verstärkt den unteren, so dass sich der Anker an den Telegraphircontact *D* legen muss. In dieser Lage verbleibt der Anker, bis wieder ein neuer, dem ersten gleichgerichteter Strom durch die Drahtrollen geht, welcher ihn zum Ruhecontact *D'* zurückführt. Es übernimmt also hier eine Stromwirkung, bezw. die Anziehung des oberen Nordpoles die Function der Abreissfeder.

Zum Betriebe mit gleichgerichteten Strömen, d. i. für den gewöhnlichen Arbeitsstrombetrieb wird der obere Nordpol *N'* durch die Schraube *F* nach unten verschoben und dem Anker so weit genähert, dass letzterer in jeder Lage von jenem stärker als von dem unteren Polschuhe angezogen, d. h. sich selbst überlassen immer gegen den Ruhecontact *D'* gedrückt wird. Durchfliesst nun die Drahtrollen ein Strom, welcher so gerichtet ist, dass er den Magnetismus des oberen Nordpoles *N'* schwächt, dagegen denjenigen des unteren *N* verstärkt, so verlässt der Anker den Ruhecontact *D'* und legt sich, vom stärkeren Nordpole *N* mehr angezogen, gegen den Telegraphircontact *D*; gleichzeitig drückt das Farbrädchen gegen den von der Rolle *T* in der Richtung der punktirten Linie sich abwickelnden Morsestreifen. Beim Aufhören des Stromes erhalten beide Nordpole wieder gleich starken Magnetismus; derjenige von *N'* überwiegt aber wegen grösserer Nähe die Wirkung von *N* auf den Anker, so dass dieser zum Ruhecontacte *D'* zurückgeführt wird. Behufs Veränderung der Entfernung der beiden Polschuhe *N* und *N'* von einander hat man die unter *N* sichtbare Schraube so weit zu lüften, dass sich der untere Polschuh in seinem länglichen Lager verschieben lässt.

Das Galvanoskop. — Dasselbe hat den Zweck, den telegraphirenden Beamten von der Stromfähigkeit und normalen Beschaffenheit der Leitung zu überzeugen, bezw. ihm Unterbrechungen oder starken Nebenschluss anzuzeigen: Bleibt die Magnetnadel trotz Stromentsendung unbeweglich auf 0°, dann ist die Leitung unterbrochen, dagegen lässt sich bei einer ungewöhnlich starken Ablenkung das Vorhandensein von Nebenschliessungen annehmen.

Das Galvanoskop für Apparatsysteme kommt gewöhnlich in zwei verschiedenen Einrichtungen zur Anwendung. Fig. 91 und 92 zeigen in Vorder- und Hinteransicht das Tisch-

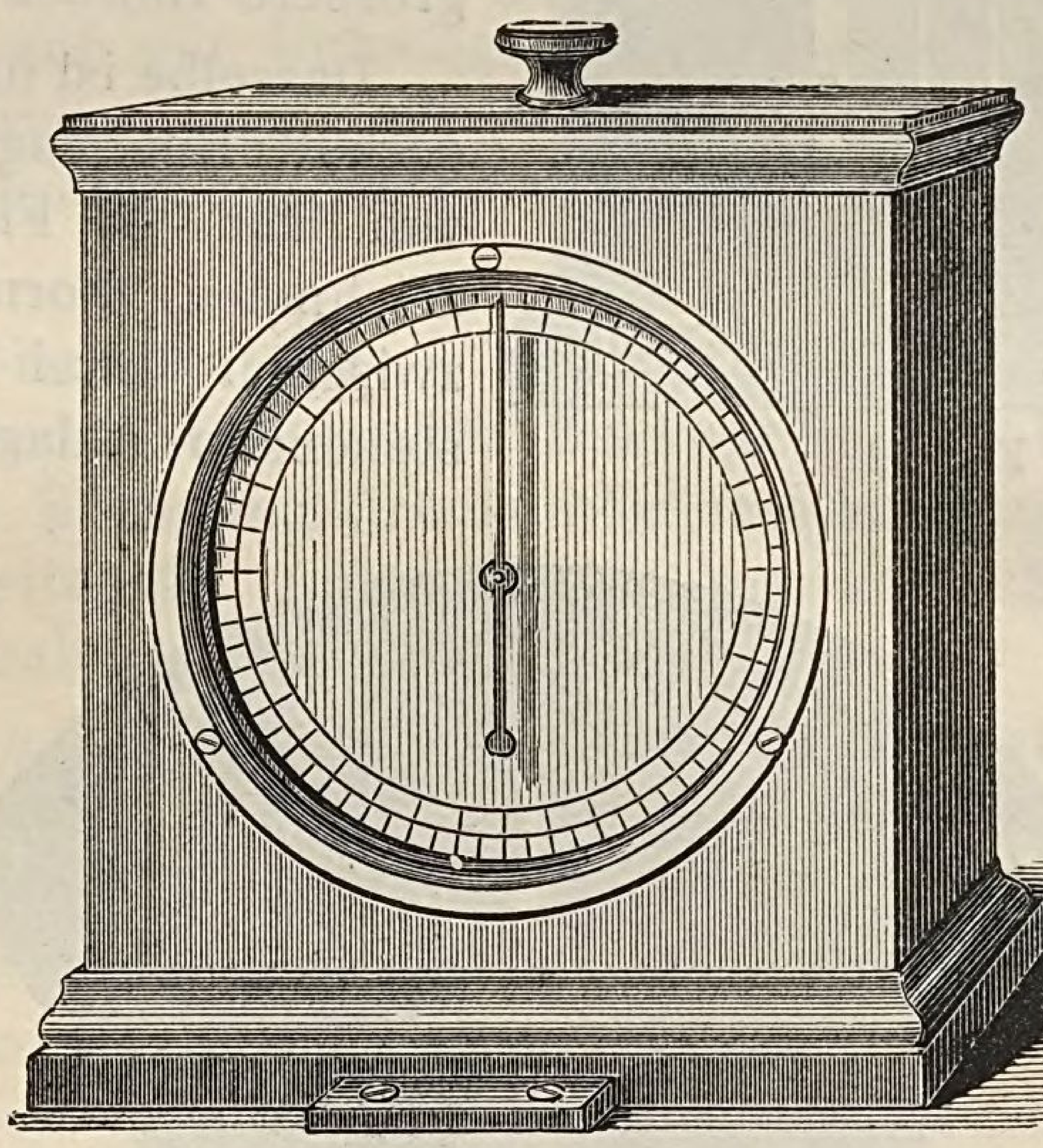


Fig. 91.

galvanoskop älterer Construction. Es besteht aus dem verticalen Doppelrähmchen mit den Umwindungen *BB*, der verticalen Nadel *D* und dem ihr parallel auf dem vorderen Ende ihrer Achse befestigten Zeiger, welcher auf einem in Grade getheilten Zifferblatte die Grösse des Ausschlagswinkels angiebt.

Der mit Seide übersponnene 0,28 mm starke Kupferdraht ist in zweimal 300 Windungen aufgewickelt und bietet dem Strome einen Widerstand von etwa 30 *S. E.* Seine Enden führen zu den Klemmen *mm.* Magnetnadel und Zeiger bilden in einem Messinggestell ein besonderes System, welches zwischen

die Multiplicator-Rahmen eingeschoben und beliebig aus ihnen herausgenommen werden kann. Ein kurzer Magnetstab *k*, durch den Knopf *K* drehbar, dient zur Einstellung der Magnetnadel auf 0°.

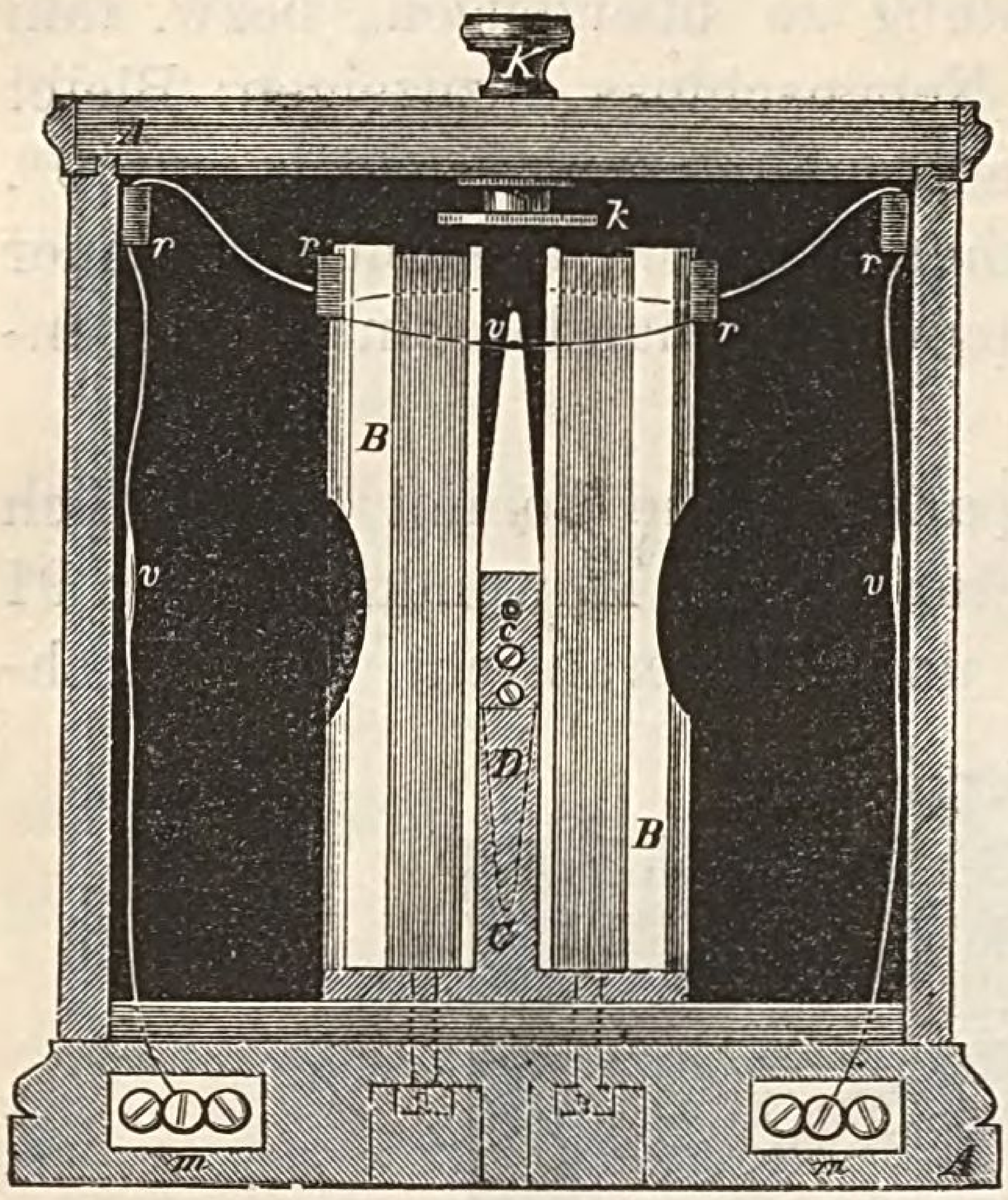


Fig. 92.

Das in neuester Zeit in der Deutschen Reichs-Telegraphen-Verwaltung zur Verwendung kommende Galvanoskop zeichnet sich vor dem eben beschriebenen durch grössere Einfachheit aus.

Dasselbe ist in Fig. 93 dargestellt: Eine Magnetnadel *SN* von der in Figur 94 gezeichneten Form schwingt zwischen zwei gegenüberstehenden Axlagern in ver-

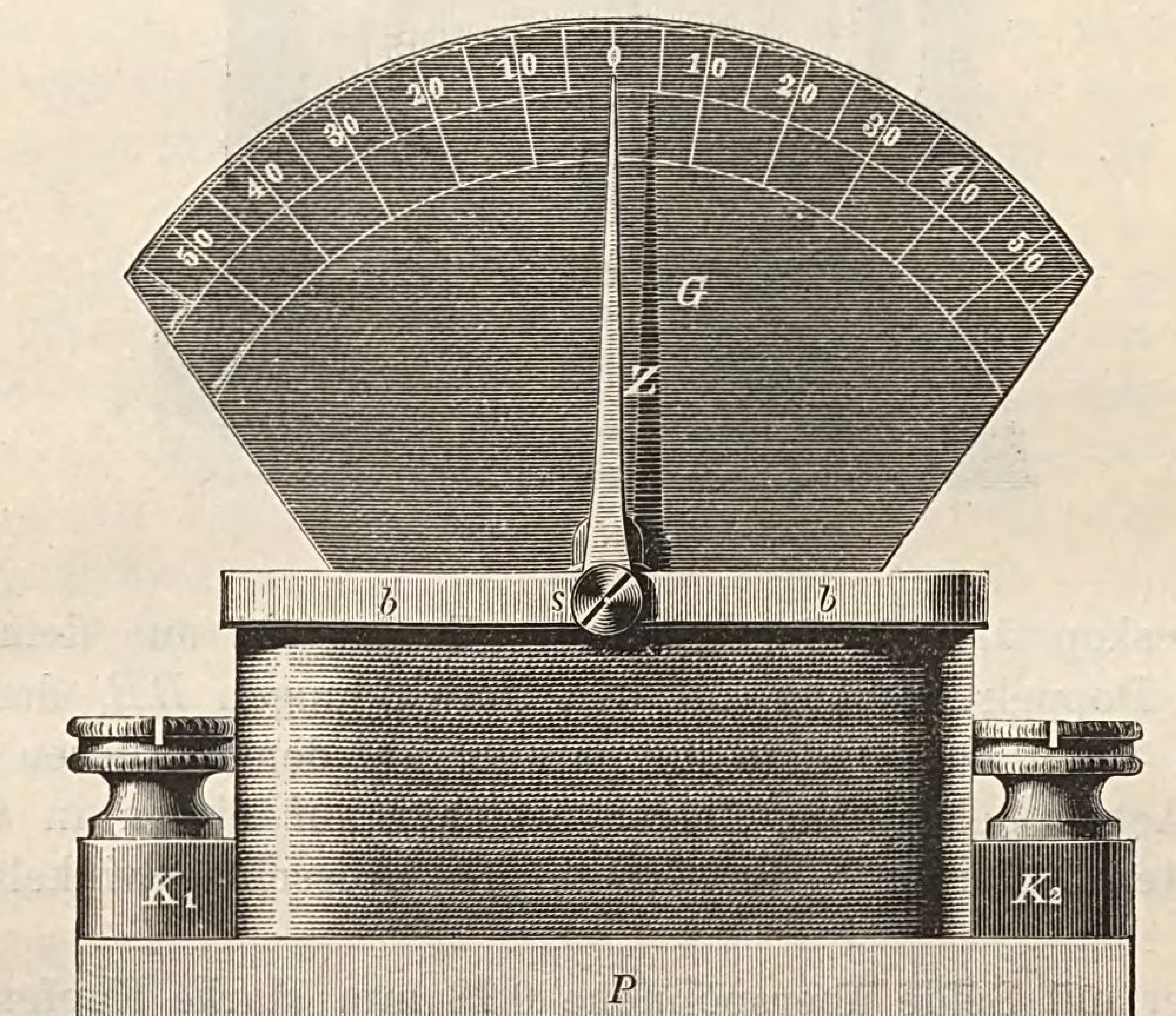


Fig. 93.

ticaler Ebene innerhalb der um zwei Messingsäulchen ohne besondere Rahmen in horizontaler Richtung gelegten Um-

windungen. Schwingt die Nadel in ihrem Drehpunkte *a* so, dass sich *N* in der Richtung des Pfeiles nach oben bewegt, dann geht der Zeiger *Z*, wie ebenfalls durch einen Pfeil angedeutet, nach links. Wird *S* nach oben bewegt, dann legt sich *Z* nach rechts.

Der Grad der Ablenkung lässt sich an dem Zifferblatte *G* ablesen.

Die Umwindungen haben einen Widerstand von etwa 26 *S. E.* und enden in den Klemmen K_1 und K_2. Die ganze Vorrichtung steht auf der Unterlage *P* aus Holz, und ist entweder unbedeckt oder durch ein vorn verglastes Messinggehäuse vor Staub u. A. geschützt.*

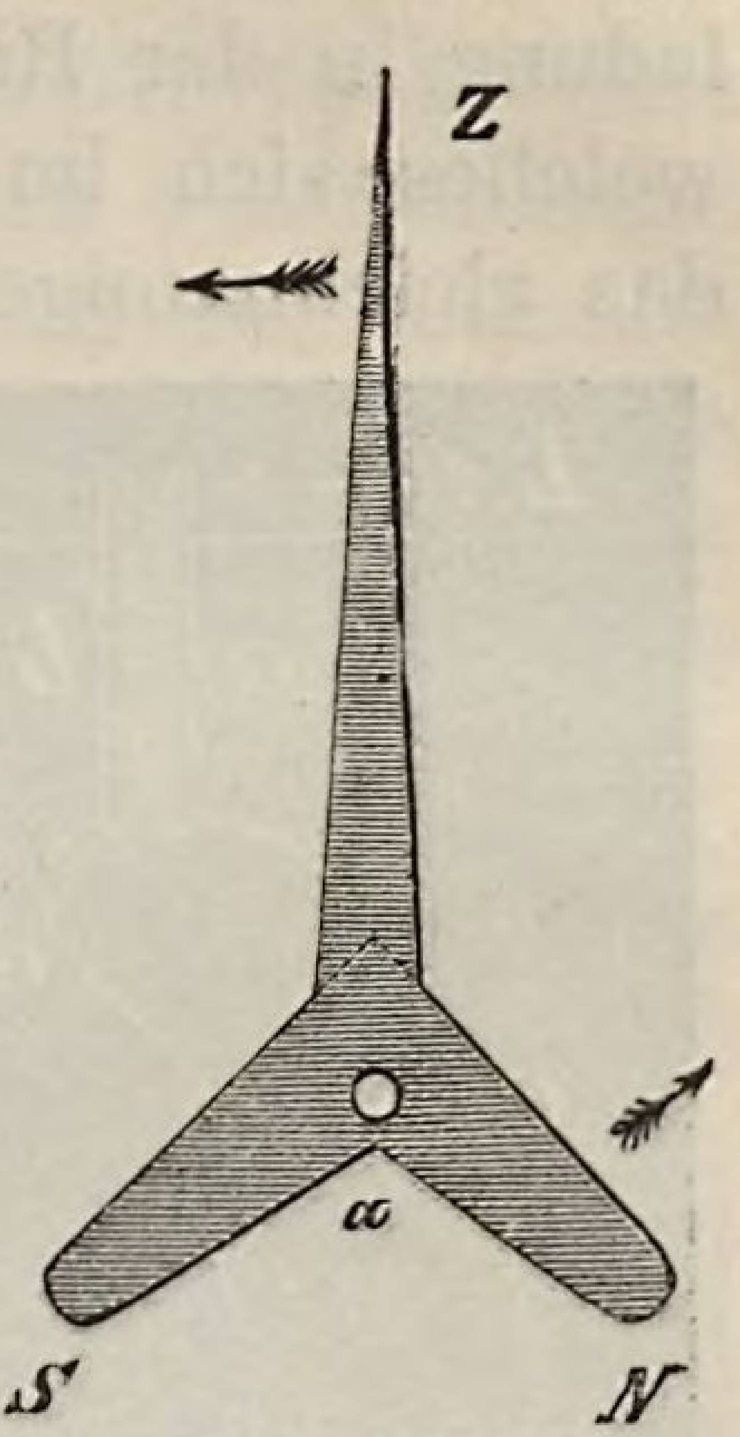


Fig. 94.

Der Blitzableiter. — Um die Telegraphenapparate der störenden bezw. zerstörenden Einwirkung der bei Gewittern auftretenden Entladungsströme möglichst zu entziehen, werden zwischen Leitungen und Apparate besondere Schutzvorrichtungen (Blitzableiter) geschaltet.

Steinheil war der Erste, welcher einen nach dem Prinzip der Franklin'schen Tafel construirten Blitzableiter für Telegraphen-Anlagen vorschlug.

Derselbe (s. Figur 95) bestand aus zwei quadratischen Kupferplatten von ungefähr 15 cm Seitenlänge. Der Liniendraht war von beiden Seiten an die von Porzellanfüssen getragenen und durch Seidenzeug von einander getrennten Platten *a* und *b* geleitet. Eine Glocke schützte die auf dem Stationsgebäude angebrachte Vorrichtung vor Regen. Zwei an die Platten gelöthete dünne Kupferdrähte *c* und *d* führten den galvanischen Strom zu den Apparaten der Station.

Wurde durch eine Blitzes-Entladung die vorher durch Wolken-Elektricität gebundene Elektricität in der Leitung frei, so wirkten die beiden Platten *a* und *b* mit dem Seidenzeuge

* Die Galvanoskope neuester Construction haben kein besonderes Zifferblatt. Bei denselben ist die hintere Wand des Gehäuses aus Milchglas mit Theilstrichen versehen.

(als Zwischenkörper) wie die beiden Belegungen der Franklin'schen Tafel oder Leydener Flasche. Erfolgte die Entladung in der Richtung des Pfeiles, dann stiess das Fluidum, welches sich im Momente der Entladung über *a* verbreitete, das gleichnamige Fluidum aus der $\pm E$ von *b* ab und zog entgegengesetzte Elektricität aus dem auf der Endstation zur Erde geführten Leitungszweige L_2 an, welche sich nun über *b* verbreitete und unter dem Einflusse der Platte *a* verdichtet wurde. Die auf *b* gebundene Elektricität band wiederum die über *a* verbreitete bis auf einen kleinen Rest und machte sie dadurch für die nach den Apparaten gehende Leitung *c* unschädlich.

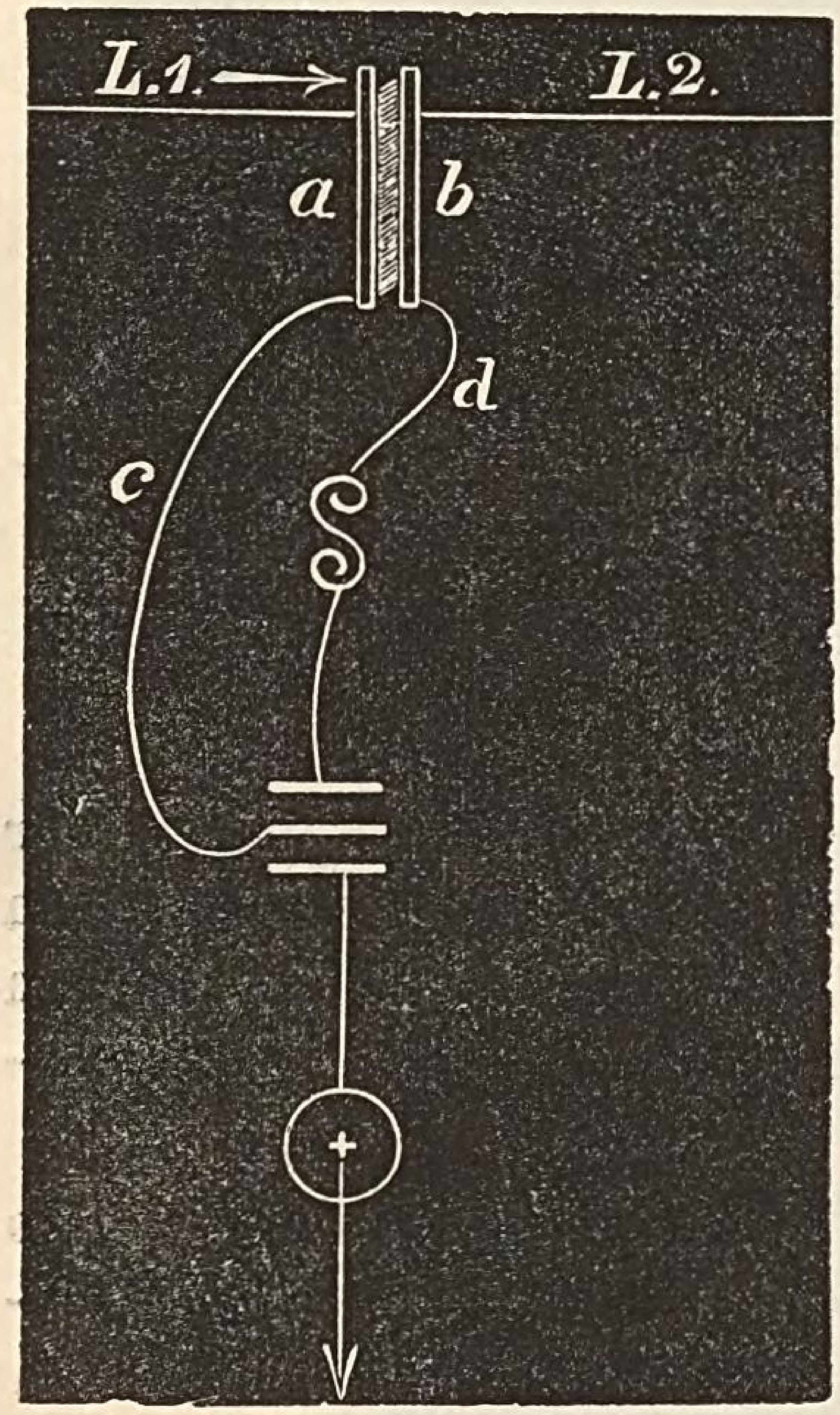


Fig. 95.

Befand sich, wie auch hier angenommen ist, der Blitzableiter auf einer Zwischenstation, so musste die von *b* abgestossene Elektricität zur Erde der nächsten Station abfliessen und das entgegengesetzte Fluidum den Widerstand der ganzen Leitung L_2 überwinden, ehe es an *b* sich ansammeln und seine rückwirkend bindende Kraft äussern konnte. Es ist ersichtlich, dass in diesem Falle die Wirkung des Steinheil'schen Blitzableiters eine nur geringe war. Bei Endstationen, wo statt der Leitung L_2 eine gute Erdleitung direct mit der Platte *b* in Verbindung stand, konnte sich diese Vorrichtung eher bewähren. Ein grosser Nachtheil blieb indessen immer darin bestehen, dass die Entladung der auf den Platten angehäuften Elektricitäten, sobald die Spannung derselben den höchsten Grad erreicht hatte, durch die Seide erfolgte. Wenn auch nicht anzunehmen ist, dass in Folge einer einzigen Entladung dieser Zwischenkörper bis zur Unbrauchbarkeit zerstört wurde, so war doch ein öfteres Ersetzen durch neues Material nöthig, um den Blitzableiter wirksam zu erhalten, was mit Rücksicht darauf, dass die Platten sich

nicht im Stationslokale selbst befanden, seine Unbequemlichkeiten hatte.

Später gab man den Platten-Blitzableitern eine zweckmässigere Einrichtung dadurch, dass man den Leitungsplatten eine Erdplatte gegenüber stellte und von der Einschiebung eines besonderen Zwischenkörpers absah. Ausserdem erfolgte ihre Aufstellung innerhalb der Diensträume, meistentheils auf den Apparattischen. Ein derartiger Blitzableiter ist in Fig. 96 dargestellt:

Auf einer Grundplatte *gg* befindet sich ein Messingrahmen *aa* mit einem Fortsatze, welcher mit der Erdleitung *E* verbunden ist. Isolirt von diesem Rahmen sind innerhalb desselben zwei auf ihrer oberen Fläche gereifelte Platten *bb* (Leitungsplatten) angebracht und durch kurze Kupferdrähte mit den zu beiden Seiten des erwähnten Fortsatzes auf das Grundbrett befestigten Messingstücken l_1 und l_2 leitend verbunden. Die äussersten Messingstücke a_1 und a_2 werden durch Drähte, welche in die untere Fläche des Fussbrettes eingelegt sind, mit den hinteren Seiten der Platten *bb* verbunden.* Auf den etwa um 1 mm die Leitungsplatten überragenden Rahmen *aa* wird eine an der unteren Fläche gereifelte Platte vermittels zweier Metalldorne bei *S* und *S* so festgesetzt, dass dieselbe die ganze Vorrichtung mit Ausnahme des Rahmenfortsatzes und der zu beiden Seiten desselben angebrachten Metallstücke a_1, l_1, l_2

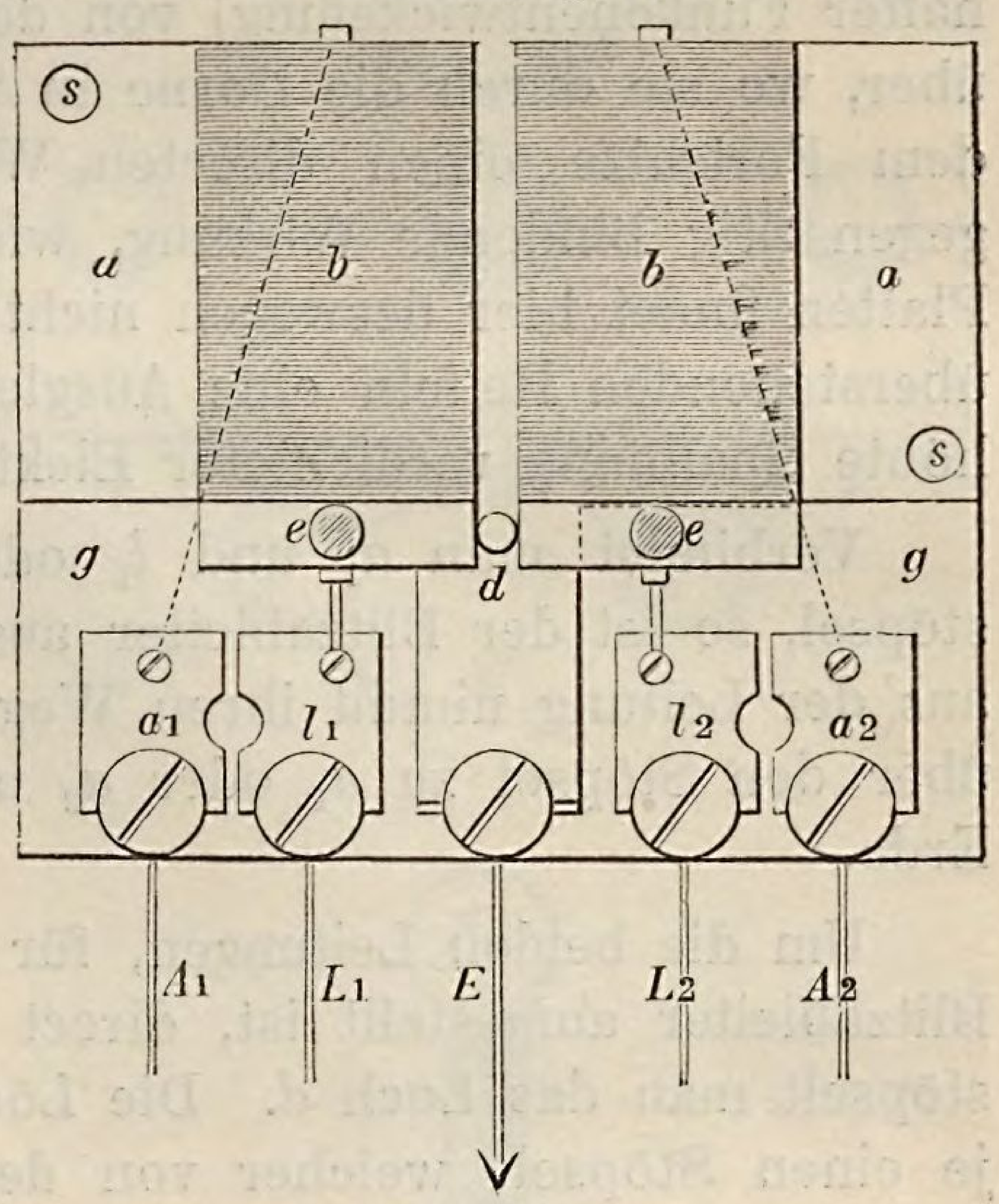


Fig. 96.

* Bei den ersten Blitzableitern dieser Construction wurde die Verbindung der Platten *b* mit den Metallstücken a_1 bezw. a_2 durch spiralförmig gewundene, mit Seide übersponnene Neusilberdrähtchen (Abschmelzdrähtchen) hergestellt.

und a_2, so wie des mit Stöpsellöchern versehenen vorderen Randes der Leitungsschienen bedeckt. Die Reifeln dieser Deckplatte und diejenigen der Leitungsplatten kreuzen sich in einer Entfernung von etwa 1 mm.

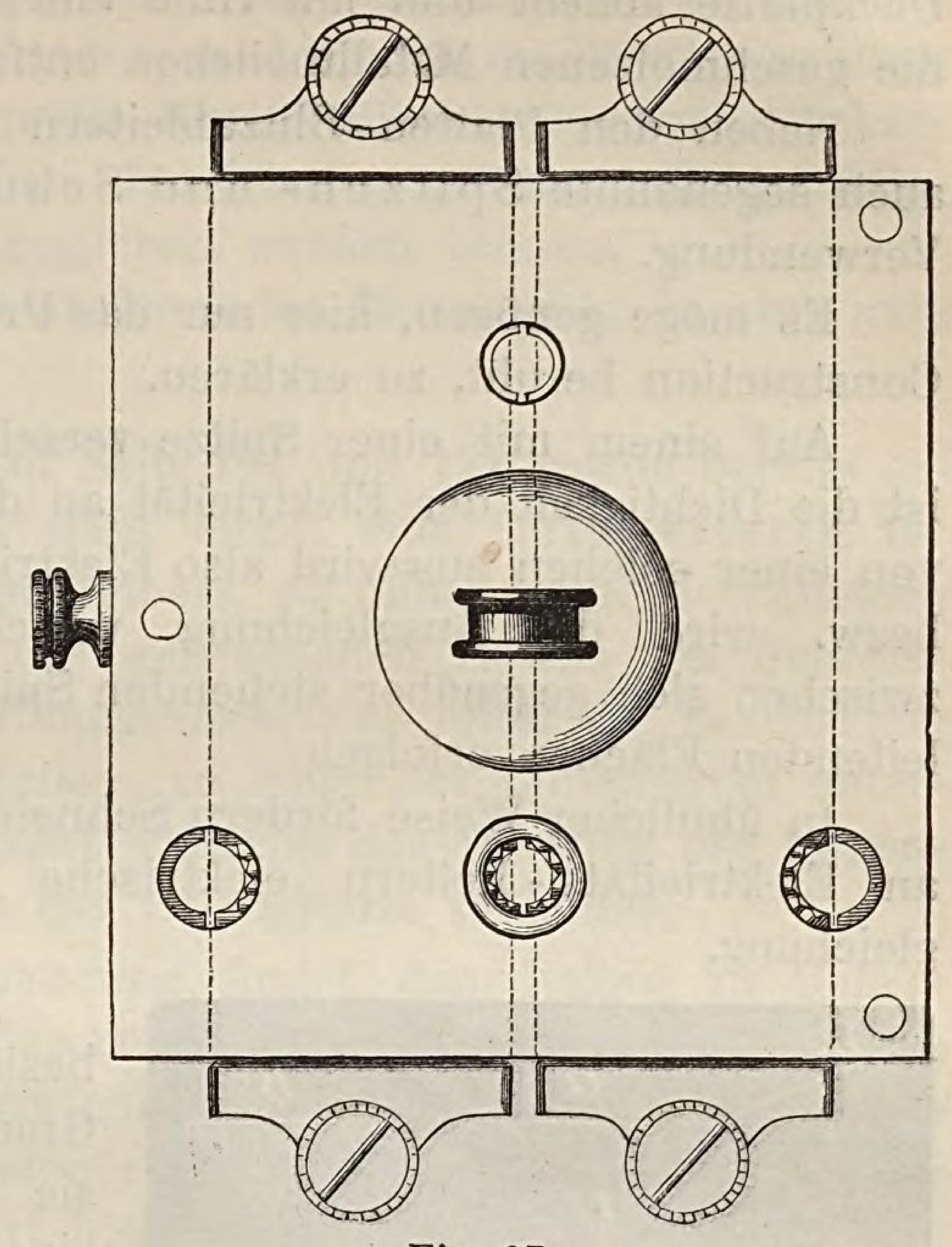
Ein aus der Leitung kommender galvanischer Strom tritt an die mit ihr verbundene Schiene l_1 oder l_2, geht über eine der Platten b zur Schiene a_1 oder a_2 und gelangt durch die Umwindungen des Galvanoskopes und die Drahtrollen des Schreib-Apparates zur Erde. Entladungs-Elektricität aus der Leitung aber vermeidet den Widerstand der Apparate und springt vermöge ihrer hohen Spannung (oft unter sehr lebhafter Funkenentwickelung) von der Platte b zu der Deckplatte über, wo sie durch die Dorne in S und den Metallrahmen mit dem Fortsatze einen directen Weg zur Erde findet. Eine gegenseitig bindende Wirkung, wie bei den Steinheil'schen Platten findet hier deswegen nicht statt, weil die sich gegenüberstehenden Reifeln eine Ausgleichung sofort ohne die erhöhte Spannung verdichteter Elektricitäten ermöglichen.

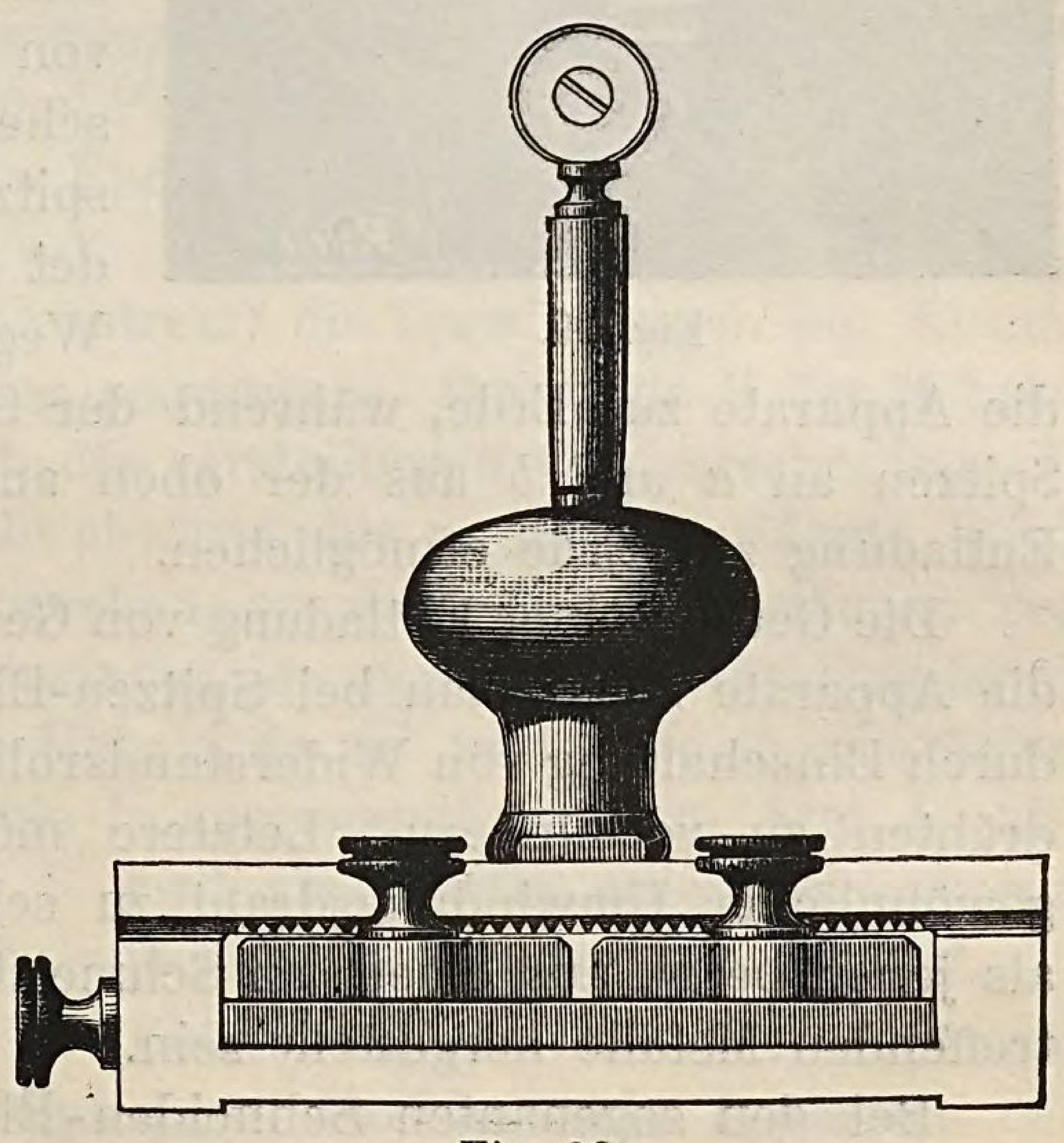
Verbindet man a_1 und l_1 oder a_2 und l_2 durch Metallstöpsel, so ist der Blitzableiter ausgeschaltet. Die Elektricität aus der Leitung nimmt ihren Weg von der Schiene l_1 oder l_2 über den Stöpsel zu a_1 oder a_2 und durch die Apparate zur Erde.

Um die beiden Leitungen, für deren Apparat-Systeme der Blitzableiter aufgestellt ist, direct mit einander zu verbinden, stöpselt man das Loch d. Die Löcher ee dienen dazu, durch je einen Stöpsel, welcher von den Schienen bb bis in den darunter liegenden Metallrahmen reicht, die Leitungen mit Erde zu verbinden.

In neuester Zeit sind die Platten-Blitzableiter noch vereinfacht worden und bestehen (s. Figur 97 und 98) nur aus den beiden isolirt auf den Metallrahmen aufgeschraubten Leitungsplatten und der darüber liegenden Deckplatte (Erdplatte), welche mit dem Rahmen und durch diesen mit der Erde in leitender Verbindung steht. Die Deckplatte trägt in der Mitte ihrer oberen Fläche einen als Handhabe dienenden Holzknopf, welcher mit einer Oeffnung zur Aufnahme des Stöpsels versehen ist. An das hintere Ende jeder Leitungsplatte führt der Leitungsdraht, an das vordere die Apparatleitung. Die in

Figur 97 sichtbaren Stöpsellöcher dienen zur Herstellung der erforderlichen Verbindungen. Da sämmtliche Löcher durch die obere Deckplatte gehen, so ist von den drei unteren das mittlere, welches die directe Verbindung der Leitungen ermöglichen soll, mit Ebonit ausgelegt, damit nur die darunter liegenden Leitungsplatten unter sich, aber nicht diese mit der Erdplatte leitend verbunden werden. Durch Stöpselung der Löcher rechts und links kann man jeden der beiden Leitungszweige, durch Stöpselung des hinteren Loches beide Leitungszweige gleichzeitig mit Erde verbinden.


Fig. 97.


Fig. 98.

Störungen, bei starken Entladungen dadurch herbeigeführt, dass die geschmolzenen Reifeln der Deckplatte mit denen einer Leitungsplatte in metallische Verbindung treten, werden leicht beseitigt, indem man die

Deckplatte abhebt und mit Hilfe eines scharfen Instrumentes die geschmolzenen Metalltheilchen entfernt.

Neben den Platten-Blitzableitern finden hin und wieder auch sogenannte Spitzen- und Schneiden-Blitzableiter Verwendung.

Es möge genügen, hier nur das Princip, auf welchem ihre Construction beruht, zu erklären.

Auf einem mit einer Spitze versehenen Elektricitätsleiter ist die Dichtigkeit der Elektricität an der Spitze am grössten, von einer solchen aus wird also Elektricität leicht ausströmen, bezw. wird die Ausgleichung verschiedener Elektricitäten zwischen sich gegenüber stehenden Spitzen eher, als zwischen leitenden Flächen erfolgen.

In ähnlicher Weise fördern Schneiden und scharfe Kanten an Elektricitäts-Leitern elektrische Vertheilung und Ausgleichung.

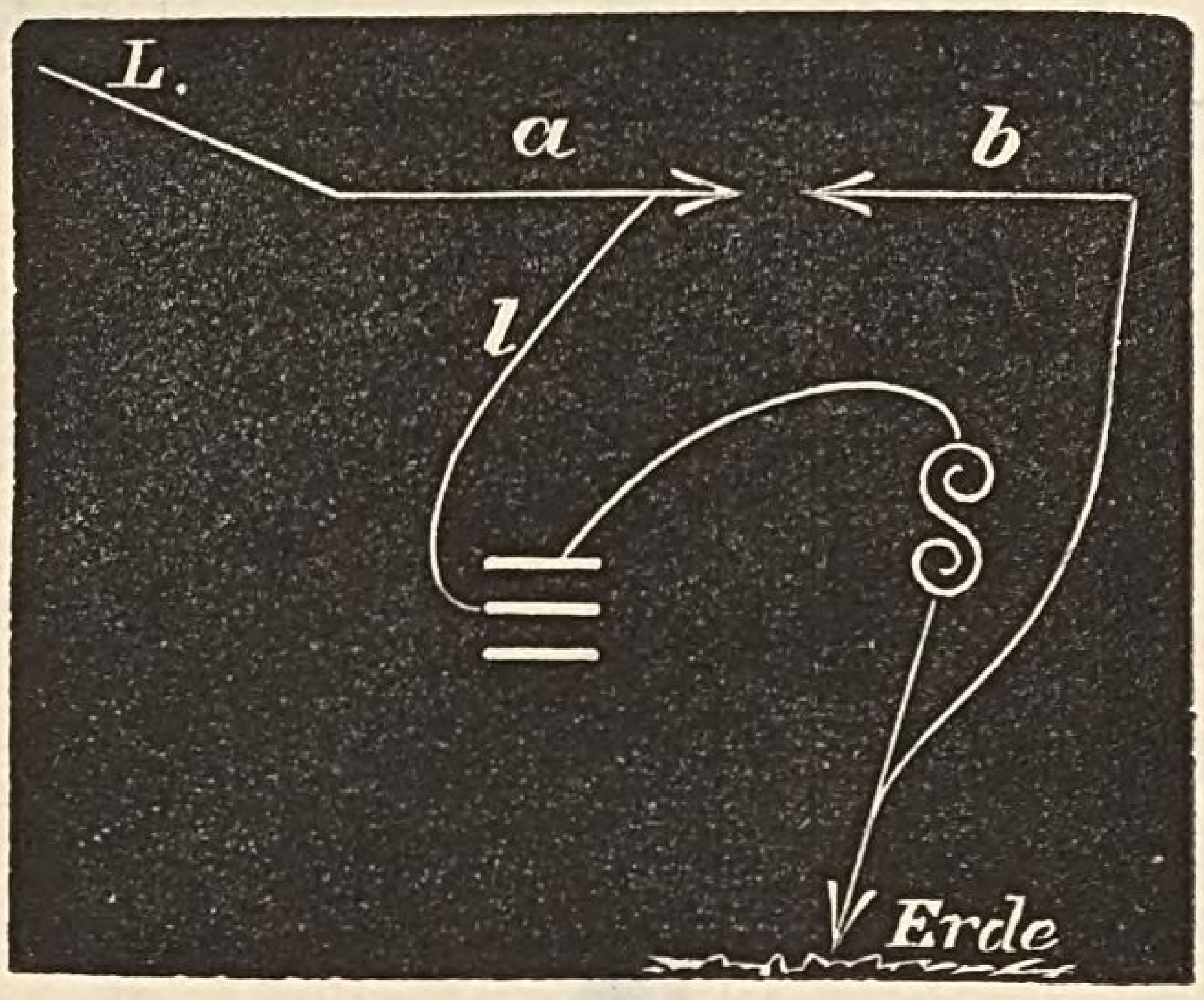


Fig. 99.

Galvanische Elektricität besitzt einen so geringen Grad von Spannung, dass sie zu ihrer Fortpflanzung einen durchgehends ununterbrochenen Leiter haben muss. Tritt also (s. Fig. 99) von Leitung *L* ein galvanischer Strom an den zugespitzten Metallstab *a*, so findet derselbe nur den einen Weg durch den Draht *l* und die Apparate zur Erde, während der Gewitter-Elektricität die Spitzen an *a* und *b* aus der oben angeführten Ursache eine Entladung zur Erde ermöglichen.

Die Gefahr einer Entladung von Gewitter-Elektricität durch die Apparate sucht man bei Spitzen-Blitzableitern häufig noch durch Einschaltung von Widerstandsrollen oder von Abschmelzdrähten zu vermindern. Letztere müssen, um leichter, als gewöhnlicher Umwindungsdraht zu schmelzen, noch dünner, als jener, bezw. aus einem an Schmelzbarkeit das Kupfer übertreffenden Metalle hergestellt sein.

Bei den sogenanten Schneiden-Blitzableitern stehen sich Messingcylinder mit scharfen Rändern gegenüber.

Wenn bei diesen Systemen die einzelnen Ausgleichungen auch noch so schnell hinter einander erfolgen, so werden doch bei starken Entladungen die Platten-Blitzableiter mehr Sicherheit bieten, da zwischen den Platten grössere Elektricitätsmassen auf einmal ausgeglichen werden können.

Das Haupterforderniss für jeden Blitzableiter ist eine gute Erdleitung.

Das Relais. — Auf Seite 161 und 171 wurde bereits erwähnt, wie das Relais dazu dient, eine Ortsbatterie für den Betrieb des Reliefschreibers zu öffnen und zu schliessen oder in Ermangelung des gebrochenen Hebels am Schreibapparate letzteren bei Ruhestrombetrieb unter die Einwirkung einer Ortsbatterie zu stellen, so lange der Linienstrom unterbrochen ist und umgekehrt während der Wirkung der Linienbatterie den Stromkreis der Ortsbatterie zu öffnen.

Eine weitere Verwendung findet das Relais zu Uebertragungszwecken. In diesem Falle sendet dasselbe den Strom der Uebertragungsbatterie eines Zwischenamtes behufs Weitergabe daselbst angekommener Schriftzeichen an ein ferner gelegenes Amt und erspart hierdurch ein Umtelegraphiren.

Das gewöhnliche (nicht polarisirte) Morse-Relais (s. Fig. 100) besteht aus dem Elektromagnete *MM* mit sehr vielen (7000—8000) Umwindungen eines feinen (0,16 mm starken) Kupferdrahtes. Ueber den Polen des Elektromagneten befindet sich ein auf das längere Ende eines zweiarmigen Hebels *BB'* festgeschraubter Anker *A*. Durchläuft ein von der Leitung kommender Strom (Linienstrom) die Umwindungen der Eisenkerne, so wird der Anker angezogen. Das Ende *B* des Hebels, dessen Bewegung durch die verstellbaren Contactschrauben *D* und *D'* begrenzt ist, geht abwärts, bis es auf *D'* aufliegt. Wird der Linienstrom unterbrochen, so dass der Magnetismus aus den Eisenkernen verschwindet, dann zieht die Abreissfeder *f*, welche zwischen dem Hebelende *B'* und dem horizontalen Arme *g* der Messingsäule *S* angespannt ist, den Arm *B'* abwärts. Das Hebelende *B* wird gleichzeitig gegen den oberen Contact *D* gedrückt, bis eine neue Ankeranziehung erfolgt.

Die Regulirung der Entfernung zwischen Anker und Elektromagnetpolen erfolgt durch Anziehen oder Loslassen der Schraube *D*.

Das An- und Abspannen der Feder *f* bewirkt eine Drehung der Schraube *h* nach rechts oder links, wodurch der mit ihrem unteren Ende verbundene Halter *g* gehoben oder gesenkt wird.

Die beiden fein geschnittenen Schrauben *DD'* trägt der aus Messing hergestellte Ständer *E*. Die Contactschraube *D* ist mit einer Spitze aus Elfenbein versehen, die Contactschraube *D'* vollständig aus Metall gearbeitet.

Die Verbindung des Relais mit Orts-Batterie und Reliefschreiber ist nun folgende: Der eine Pol (hier der Kupferpol)

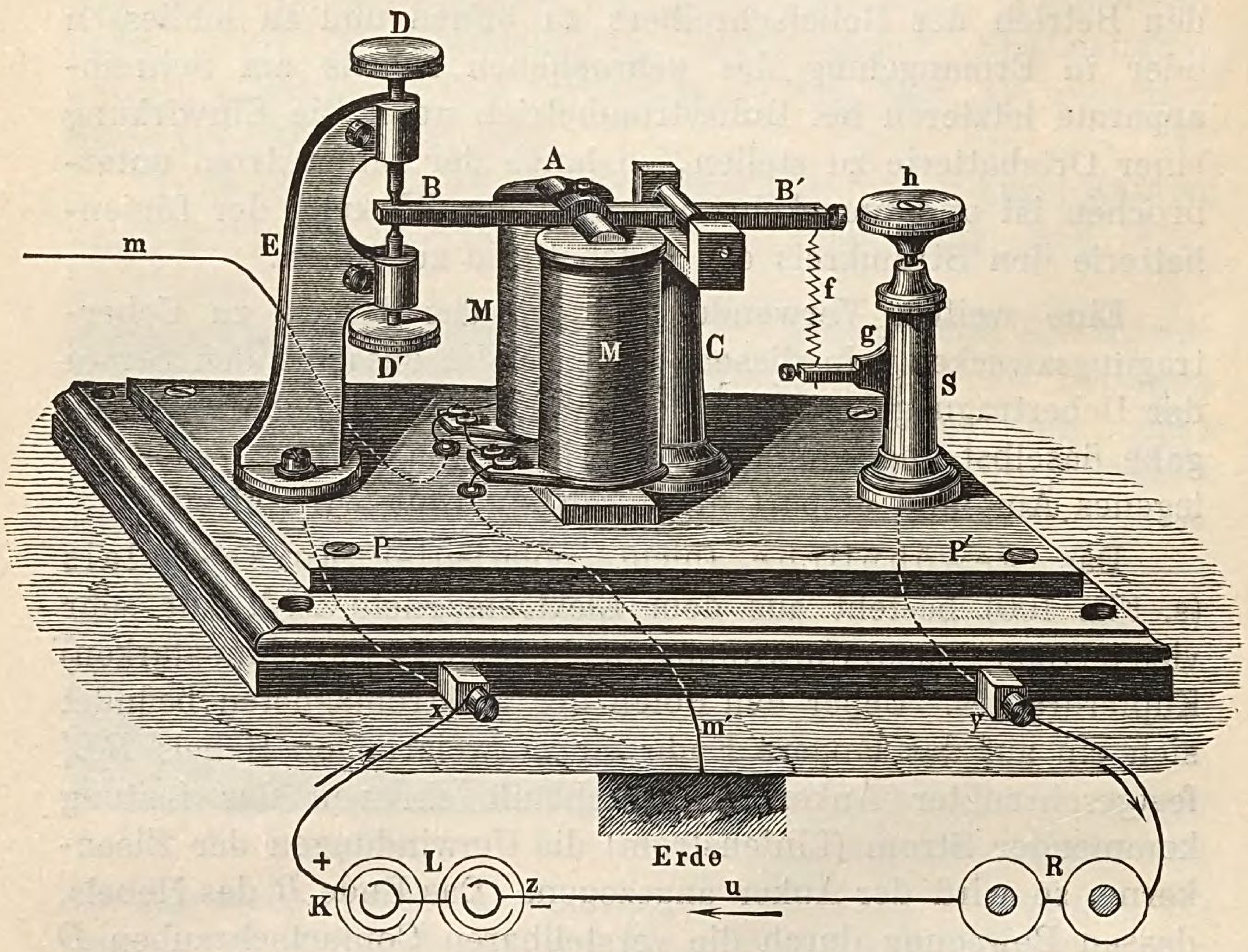


Fig. 100.

der Orts-Batterie ist durch die Klemmschraube *x* mit dem Ständer *E*, der andere (der Zinkpol) mit dem einen Ende der Elektromagnet-Umwindungen des Schreib-Apparates *R* verbunden; das andere Ende der letzteren steht durch die Klemmschraube *y* mit dem Ständer *S* in leitender Verbindung.

Man sieht sofort aus der Zeichnung, dass, wenn beim Durchgange eines Linienstromes durch die Elektromagnet-Umwindungen des Relais der Anker angezogen und das Hebelende *B* gegen den unteren Contact *D'* (den Telegraphircontact)

gedrückt wird, der Ständer *E*, der metallische Contact *D'*, der Hebelarm *BB'*, die Abreissfeder *f* und die Säule *S* einen Theil des Schliessungskreises der Orts-Batterie bilden, in welchen ausserdem nur noch der Elektromagnet des Schreib-Apparates eingeschaltet ist. So lange also ein Strom die Leitung und die Umwindungen des Relais durchläuft, und so lange der Hebel des Relais mit dem Telegraphircontacte *D'* in leitender Verbindung steht, ist der Stromkreis der Orts-Batterie geschlossen und der Anker des Schreib-Apparates wird stark genug angezogen, um die Schreibvorrichtung so functioniren zu lassen, dass ein sichtbarer Eindruck auf dem Morsestreifen zurückbleibt.

Bei Unterbrechung des Linienstromes wird auch der Localkreis geöffnet. Der Hebel des Relais legt sich dann gegen den Contact *D*. Dieser aber, aus isolirendem Material gearbeitet, verhindert die Ausgleichung der elektrischen Fluiden aus der Orts-Batterie.

Die Zusammenstellung der einzelnen Theile des Relais ist sehr verschieden. Wer indessen das Princip kennt, auf welchem sein Functioniren beruht, wird auch die Einrichtung jedes andern, als des nach Fig. 100 construirten Relais begreifen, sobald es ihm unter die Hände kommt, ohne dass jede einzelne Abweichung hier besonders besprochen wird.

Bei der Schaltung für Ruhestrom (s. Fig. 85) sind die Schrauben *D* und *D'* zu vertauschen.

Bei den für Uebertragungszwecke construirten Relais ist die Anordnung der Contactständer eine andere: der untere Theil, mit welchem der Telegraphircontact unmittelbar in metallischer Verbindung steht, ist hohl; der obere Contact (Ruhecontact) ist mit seinem Träger durch ein Ebonitstück vom unteren Theile des Ständers isolirt; von jenem führt aber ein Draht durch das Ebonitstück und die Höhlung des Ständers zu einer am Fusse desselben angebrachten Klemme. Eine zweite Klemme ist durch eine Metallschiene mit dem Ständer und durch diesen mit dem Telegraphircontacte leitend verbunden.

Das von Siemens und Halske anfänglich für Inductionsströme eingerichtete sogenannte polarisirte Relais ist in Fig. 101 und 102 dargestellt.

Auf dem Nordpole eines breiten, rechtwinklig gebogenen Stahlmagneten sitzen zwei weiche Eisenkerne mit den aufgeschobenen Spiralen m und m^1 von etwa je 600 *S. E.* Widerstand. Da Eisen in Berührung mit Magneten selbst magnetisch wird, müssen die Enden jener Kerne Nordpol-Magnetismus annehmen. Aus demselben Grunde wird der zwischen den Ansätzen n und n^1 jener Nordpole sich bewegende, um die Spille B in dem Einschnitte des Südendes des Stahlmagneten in horizontaler Ebene drehbare Eisenanker c gegen sein freies Ende hin südmagnetisch sein, also von jedem der beiden Polansätze (Schuhe) n und n^1 angezogen werden. Ueber die Polschuhe hinaus ist der Eisenanker c durch die neusilberne und an ihrem Ende zu beiden Seiten mit je einem Platinplättchen belegte Zunge c_1 verlängert.

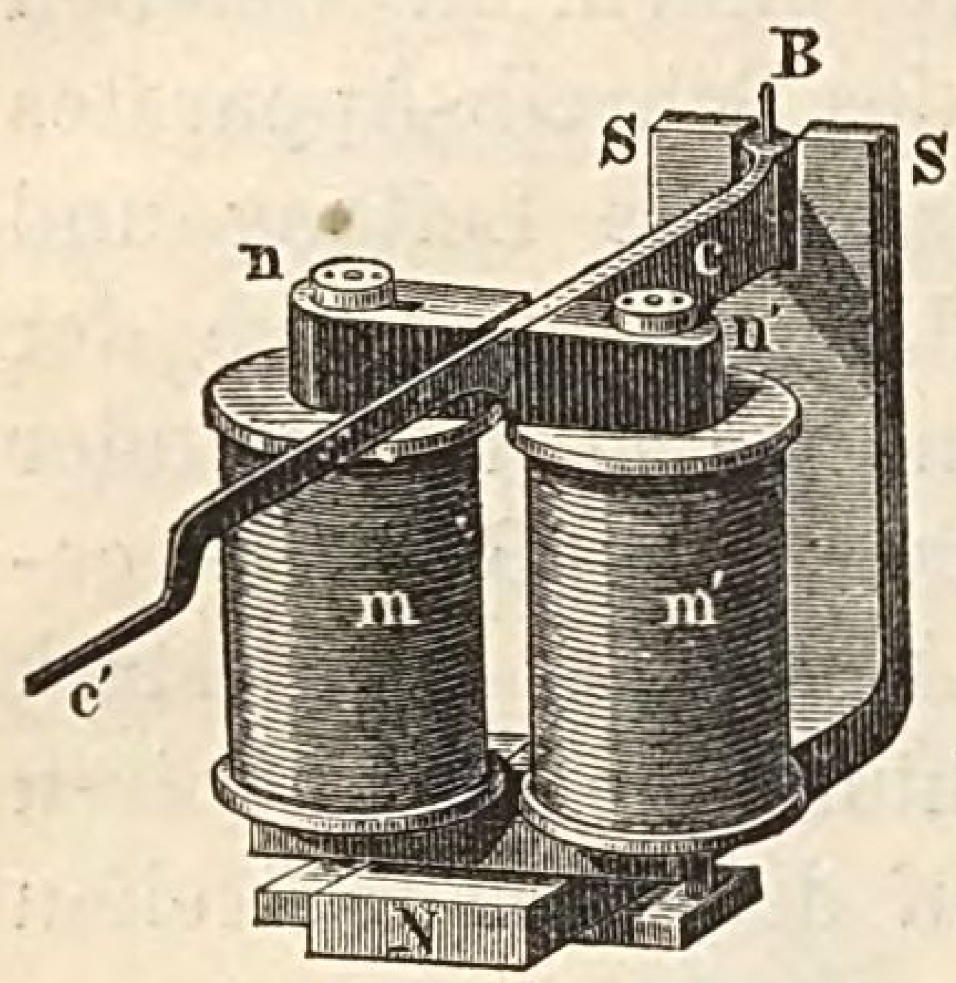


Fig. 101.

Das ganze in Figur 101 dargestellte System ist in einem Messing-Gehäuse so aufgestellt, dass auf der oberen Deckplatte des letzteren nur die beiden Schuhe n und n^1, der Anker cc_1 mit seinem Axlager am Südpoleinschnitte und zwei verstellbare Contacte, zwischen denen die Zunge in ihrer Bewegung begrenzt wird (s. Fig. 102), sichtbar sind. Die seitlich am Fusse des Gehäuses angebrachten Klemmen 1 und 2 stehen mit den Enden der Magnetisirungs-Spiralen m und m^1, Klemme A mit dem Körper und Klemme B mit dem Contacte D in leitender Verbindung.*

Die Schraube E ermöglicht ein Verschieben beider von einander isolirten Contacte. Haben dieselben eine Stellung, bei welcher der Anker cc_1 genau in der Mitte zwischen n und n^1 liegt, wenn sein Ende gegen D^1 anschlägt, dann ist das Relais für Inductionsströme, bezw. Wechselströme eingestellt. Tritt ein solcher aus der Leitung so gerichtet in die Spiralen, dass er den Nordmagnetismus von n verstärkt und den von n^1 schwächt oder aufhebt, dann legt sich der von n angezogene

* Bei den für Uebertragungszwecke construirten Relais ist neben der Klemme B noch eine mit dem Contacte D^1 leitend verbundene Klemme angebracht.

Anker gegen *D*. Hört der Inductionsstrom (welcher ja nur momentan ist) auf, die Eisenkerne zu umkreisen, so wird doch die Zunge C^1 mit der Contactschraube *D* in leitender Verbindung bleiben, weil die Anziehung des Ansatzes *n* auf *C* grösser, als die des von der Zunge entfernteren Ansatzes n^1 ist. Erst wenn der zweite, dem ersten entgegengerichtete

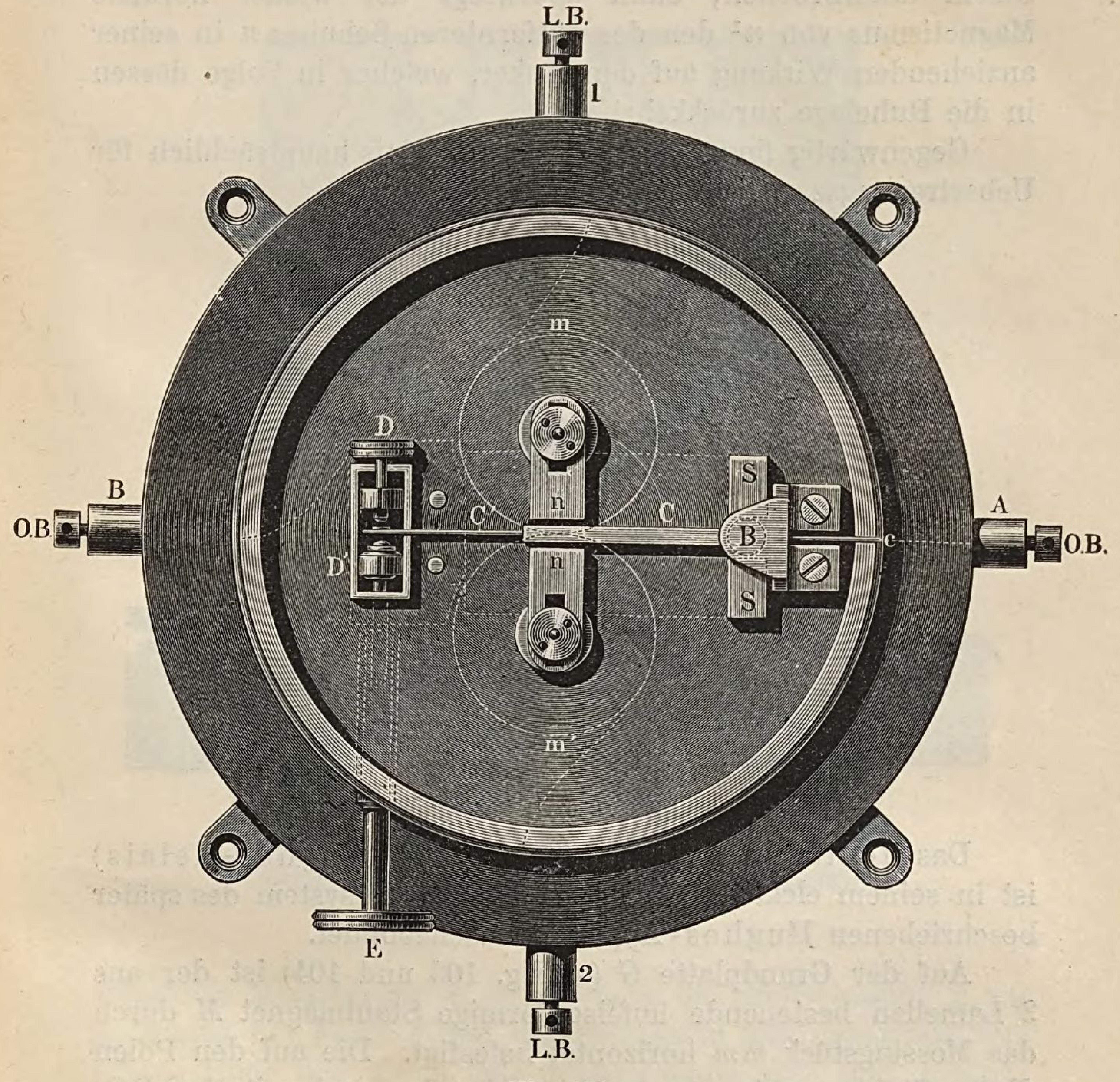


Fig. 102.

Inductionsstrom aus der Leitung in die Umwindungen gelangt, den Magnetismus von *n* schwächt und den von n^1 verstärkt, geht die Zunge zu D^1 zurück.

Will man polarisirte Relais für einfache galvanische Ströme verwendbar machen, so regulirt man die Contacte so, dass

der Anker in jeder möglichen Lage n^1 mehr als n genähert ist. Schickt man jetzt einen Strom durch die Umwindungen, welcher so gerichtet ist, dass er den Magnetismus von n verstärkt und den von n^1 schwächt oder aufhebt, dann verlässt die Zunge des von n angezogenen Ankers den Ruhecontact D^1, um sich gegen den Telegraphircontact D zu legen. Wird der Strom unterbrochen, dann überwiegt der wieder normale Magnetismus von n^1 den des entfernteren Schuhes n in seiner anziehenden Wirkung auf den Anker, welcher in Folge dessen in die Ruhelage zurückkehrt.

Gegenwärtig findet das polarisirte Relais hauptsächlich für Uebertragungszwecke Verwendung.

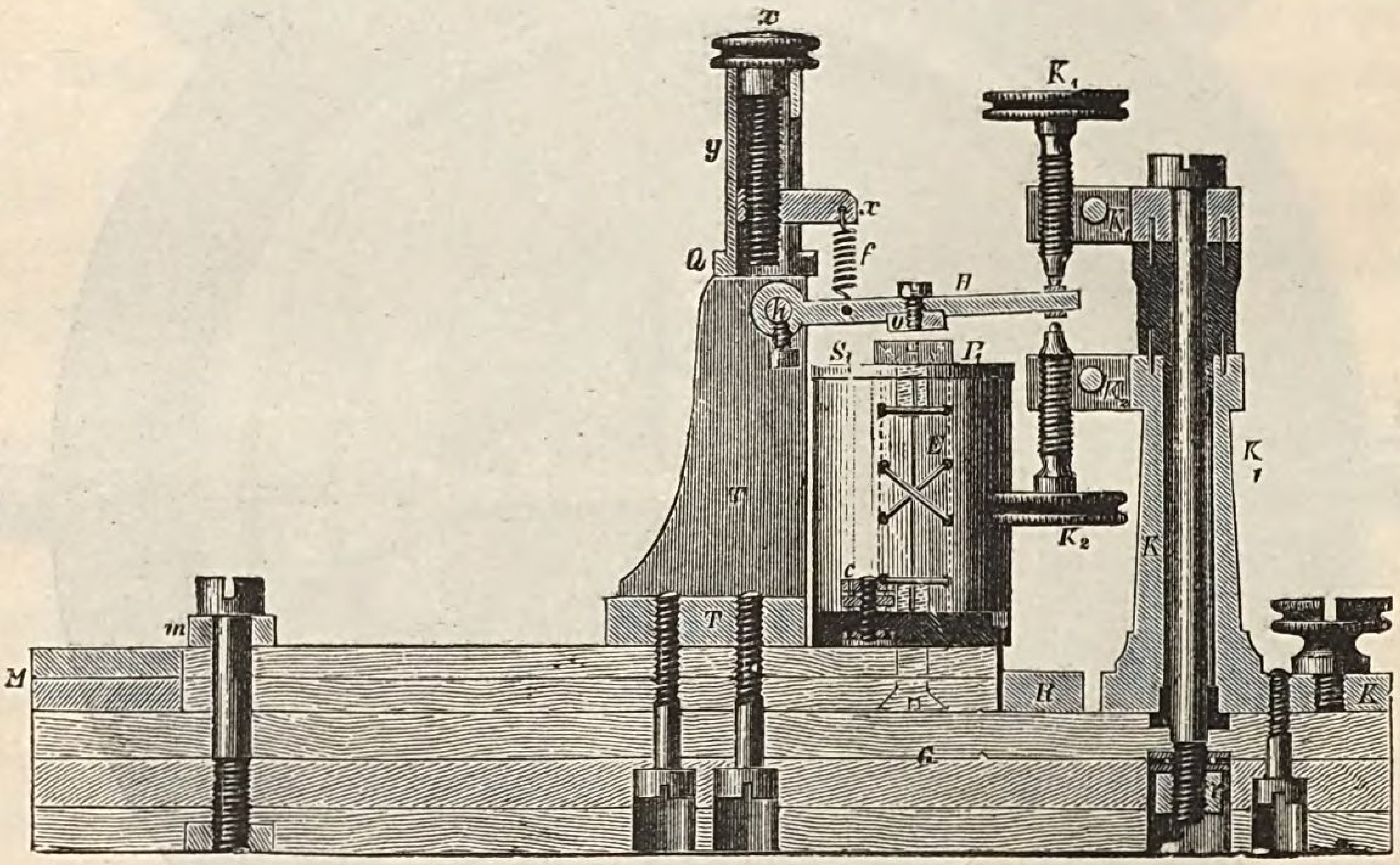


Fig. 103.

Das deutsche polarisirte Relais (Hughes-Relais) ist in seinem elektrischen Theile dem Magnetsystem des später beschriebenen Hughes-Apparates nachgebildet.

Auf der Grundplatte G (s. Fig. 103 und 104) ist der aus 3 Lamellen bestehende hufeisenförmige Stahlmagnet M durch das Messingstück mm horizontal befestigt. Die auf den Polen dieses Stahlmagneten senkrecht stehenden und mit den Polschuhen P_1 und P_2 versehenen weichen Eisenkerne tragen die durch je 2 Messingscheiben begrenzten Drahtrollen S_1 und S_2.*

* Auf jeder Magnetrolle sind ungefähr 3500 Windungen eines mit Seide umsponnenen, 0,22 mm starken Kupferdrahtes aufgewickelt; der Widerstand

Ueberzüge von lackirtem Leder schützen letztere vor Beschädigungen.

Der Ankerträger *T* besteht aus zwei parallelen Ständern, mit einer gemeinschaftlichen, die beiden Schenkel der Magnetlamellen verbindenden Grundplatte. Die obere Querverbindung *Q* jener Ständer trägt das mit einem lothrechten Schlitze

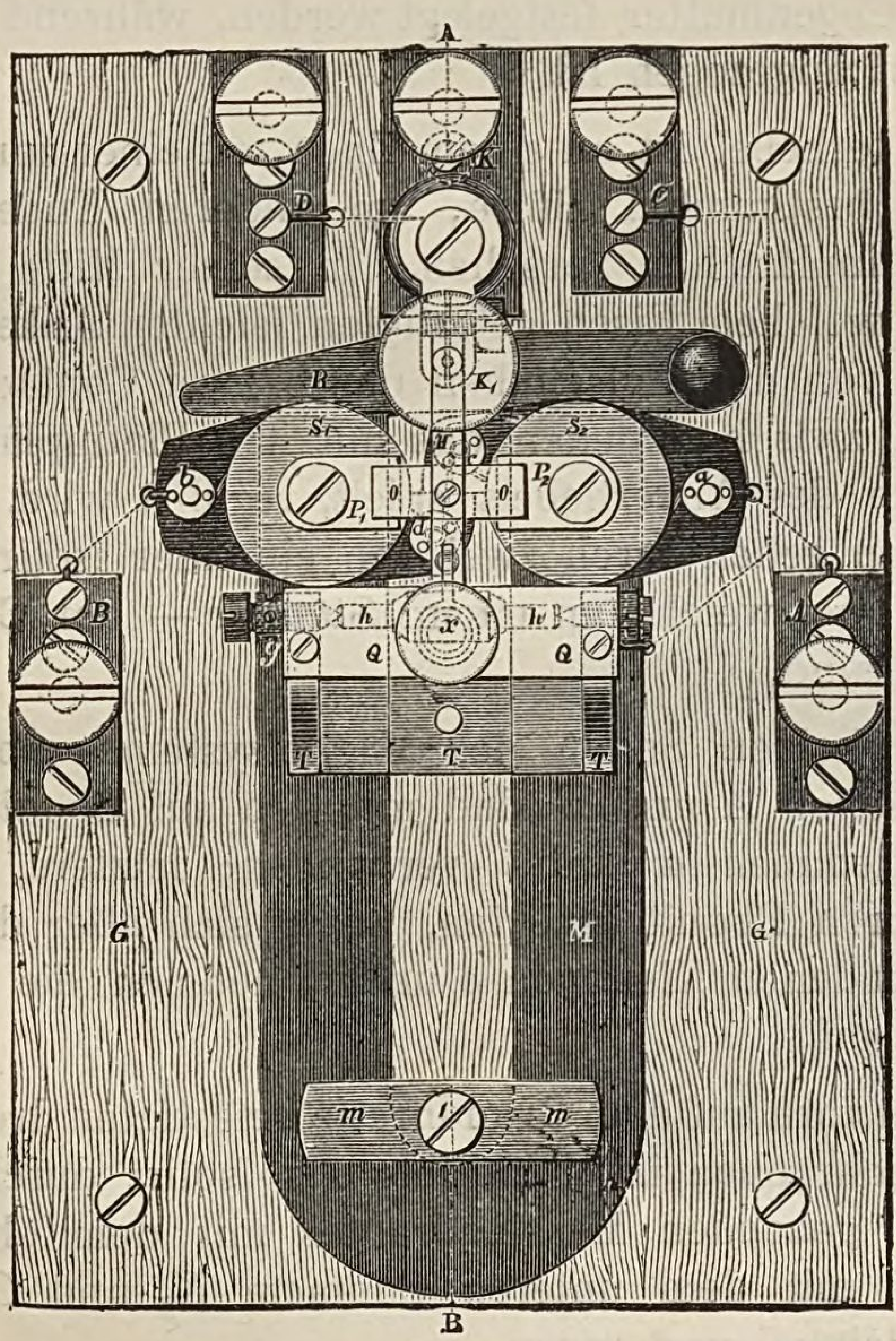


Fig. 104.

versehene Messingrohr *y*, in welchem die Stellschraube *x* zur Spannung der Feder *f* und das mit einem Muttergewinde versehene Ende des durch jene Stellschraube auf- und abwärts

jeder Magnetrolle beträgt ungefähr 100 *S. E.* — Zu Uebertragungszwecken werden in neuerer Zeit grössere Hughes-Relais mit Magnetrollen angefertigt, deren jede etwa 600 *S. E.* Widerstand hat. Letztere können mittels eines am Relais angebrachten Umschalters neben- oder hintereinander geschaltet werden.

zu schiebenden Federhalters x (eines kurzen, horizontalen Armes) Aufnahme finden.

Etwa 8 mm unter der vorgenannten Querverbindung ist in jedem der beiden lothrechten Ständer eine mit fein polirter Spitze versehene Axenschraube r für den Ankerhebel H eingeschraubt; eine dieser Axenschrauben ist verstellbar und kann durch eine Gegenmutter festgelegt werden, während die andere dauernd fest angezogen ist.

Der Ankerhebel ist an einem Ende mit einer zur Aufnahme der Axe h bestimmten Hülse, am anderen Ende mit zwei kleinen Platinplättchen versehen. In seiner Mitte etwa trägt er den aus weichem Eisen gefertigten leichten Anker o, dessen Entfernung von den Polschuhen durch zwei Contactschrauben K_1 und K_2, zwischen denen das mit den Platinplättchen versehene Ende des Ankerhebels spielt, regulirt wird. Die Contactschrauben gehen durch zwei von einander isolirte horizontale Metallarme, welche an einem Ständer — der Contactsäule — befestigt sind.

Die zu beiden Seiten des Magnetsystemes angebrachten Klemmschrauben A und B sind mit den auf Ebonitunterlagen sitzenden Klemmen a und b verbunden; letztere, sowie die ebenfalls durch Ebonit isolirten, unter sich aber durch einen Draht verbundenen Klemmen c und d nehmen die Enden der Drahtrollen auf.

Von den vorn auf dem Grundbrette befestigten drei Schienen mit Klemmschrauben ist D mittels des isolirt durch die Contactsäule K gehenden Messingdrahtes mit dem oberen Contacte K_1, K mit dem unteren Contacte K_2 und C mit dem Ständer T leitend verbunden.

Die mit einem Messingknopfe versehene, vorn zugespitzte Eisenschiene R (der Schwächungsanker) dient dazu, die Kraft des Stahlmagneten der zur Wirkung gelangenden Stromstärke entsprechend zu ändern.

Das Hughes-Relais kann so eingestellt werden, dass in Folge der Einwirkung des Stromes entweder der in der Ruhelage angezogene Anker abgestossen oder dass der in der Ruhelage durch die Abreissfeder von den Kernen entfernt gehaltene Anker angezogen wird.

Wecker. — Bei Telegraphenanstalten mit sehr geringem Verkehre, bezw. in nur ausnahmsweise benutzten Leitungen wendet man zuweilen Wecker an, welche, sobald der Apparat anspricht, durch ein Glockenzeichen den Beamten hiervon in Kenntniss setzen. Für diesen Zweck ist die in Fig. 105 dargestellte Rasselglocke vollkommen ausreichend. Ihre Construction beruht auf der S. 141 beschriebenen Idee der Selbstunterbrechung. Die über den Anker *A* gelegte und gleichzeitig als Ankerträger dienende Blattfeder *f* federt mit ihrem aufwärts gebogenen freien Ende gegen die Contactschraube *c*. Letztere ist durch eine Unterlegescheibe und Hülse aus Ebonit oder Elfenbein von der eisernen Grundplatte *P* isolirt. Das eine Ende des Umwindungsdrahtes der Elektromagnetrollen *MM* ist an die Klemme *a*, das andere mittels der Schraube *d* an die Grundplatte *P* gelegt, während die Contactschraube *c* mit der Klemme *b* in leitender Verbindung steht.

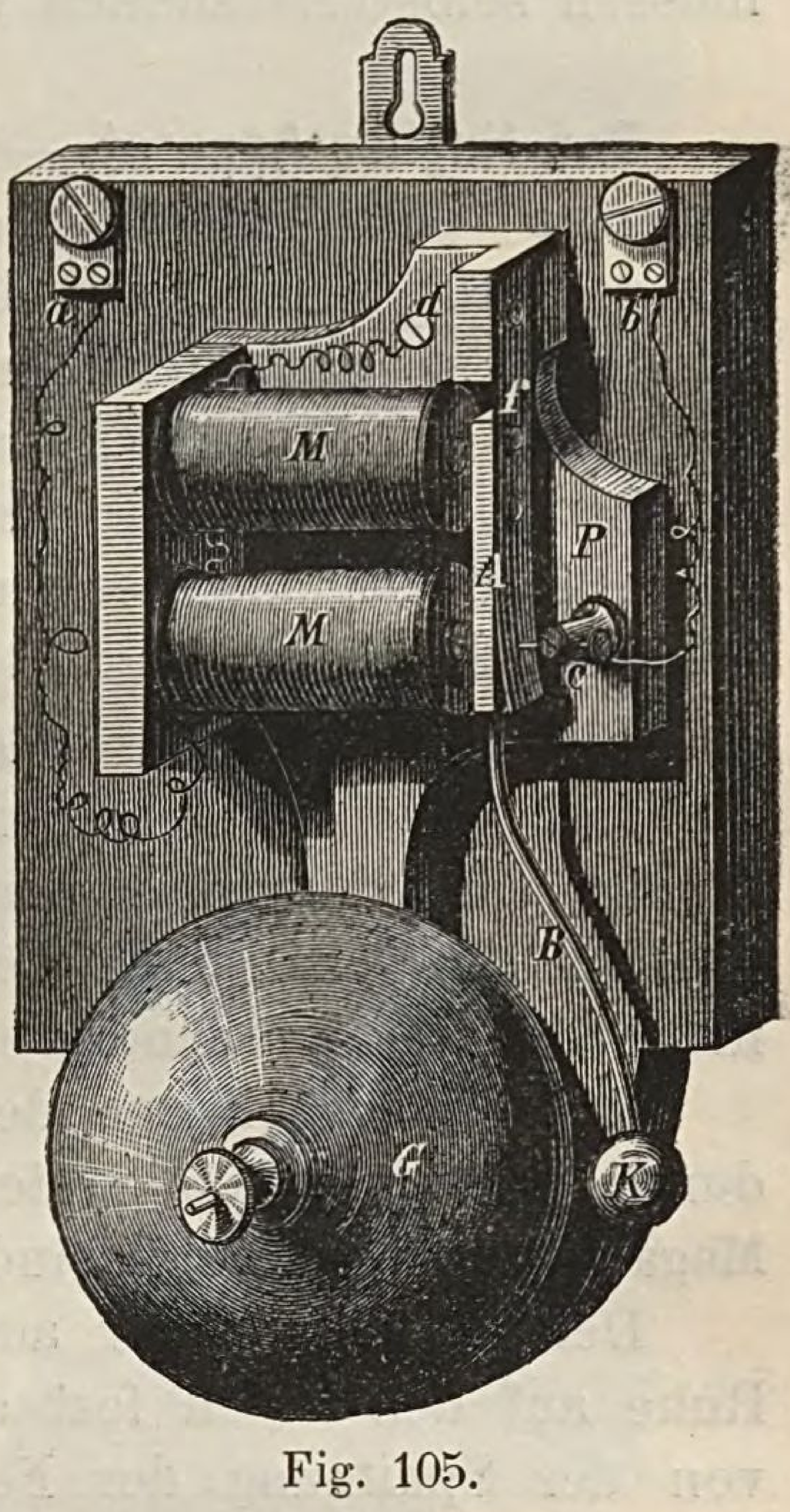


Fig. 105.

Wird (bei Ruhestrom) die Klemme *a* des Weckers mit dem oberen Contacte des Schreibapparates oder eines Relais, die Klemme *b* des Weckers mit dem einen Pole einer kleinen Ortsbatterie, deren anderer Poldraht an den Körper des Schreibapparates oder Relais geführt ist, leitend verbunden, so schliesst der bei Unterbrechung des Linienstromes sich gegen den oberen Contact lagernde Ankerhebel des Schreibapparates oder Relais die Ortsbatterie: der an die Klemme *b* des Weckers tretende Strom derselben gelangt über den Contact *c* und die an demselben liegende Feder *f* zur Grundplatte *P* von der Schraube *d* durch die Elektromagnet-Umwindungen an die Klemme *a* des Weckers und dann zum oberen Contacte des Schreibapparates. Da dieser Contact aber in dem erwähnten Correspondenzstadium

von dem Ankerhebel berührt wird, so findet der Strom über letzteren und den Körper des Schreibapparates seinen Weg zur Ortsbatterie zurück.

Bei Arbeitsstrombetrieb legt man die Klemme *a* des Weckers an den unteren Contact des Schreibapparates; die übrigen Verbindungen sind dieselben, wie bei Ruhestrom.

Die Contacte des Schreibapparates, welcher mit einem Wecker in der beschriebenen Art verbunden werden soll, müssen selbstverständlich von einander isolirt sein.

Der Hughes-Apparat. — Der vom amerikanischen Professor Hughes* erfundene Typendruck-Apparat lässt die Telegramme im gewöhnlichen, für Jedermann lesbaren Letterndruck erscheinen, so dass der betreffende Papierstreifen nicht — wie derjenige des Morse-Apparates — erst übersetzt und abgeschrieben, sondern mit dem vom Apparate gelieferten Drucke nur auf ein sogenanntes Aufnahme-Formular geklebt zu werden braucht.

Fig. 106 stellt diesen Apparat dar.

Auf jedem der beiden mit einander correspondirenden Aemter wird das mit Typen besetzte Rad *A* und der über der Metallplatte *C* rotirende Schlitten *L* durch ein Gewichtswerk mit gleicher Geschwindigkeit bewegt.

Die eisernen Kerne des Elektromagneten *E* erhalten dadurch, dass sie auf ein System von Stahlmagneten (magnetisches Magazin) aufgeschraubt sind, permanenten Magnetismus.

Der Anker, welcher aus diesem Grunde im Zustande der Ruhe auf den Polen fest aufliegt, wird mit einer gewissen, von der Spannung der Feder *e* abhängigen Kraft gegen die verstellbare Schraube *g* des Hebels g_1 geworfen, sobald ein den Magnetismus der Kerne aufhebender Strom letztere umkreist. Der hintere, hier nicht sichtbare Arm des Hebels g_1 steht durch besondere mechanische Vorrichtungen mit einer

* Hughes ist 1831 in Louisville im nordamerikanischen Unionsstaate Kentucky geboren. Die Erfindung seines Typendruck-Apparates fällt in das Jahr 1856, doch wurde derselbe erst bis 1860 soweit vervollkommnet, dass in dem zuletzt genannten Jahre in Frankreich erfolgreiche Versuche mit ihm angestellt werden konnten. In Preussen bezw. Norddeutschland wurde der Hughes-Apparat 1866 eingeführt.

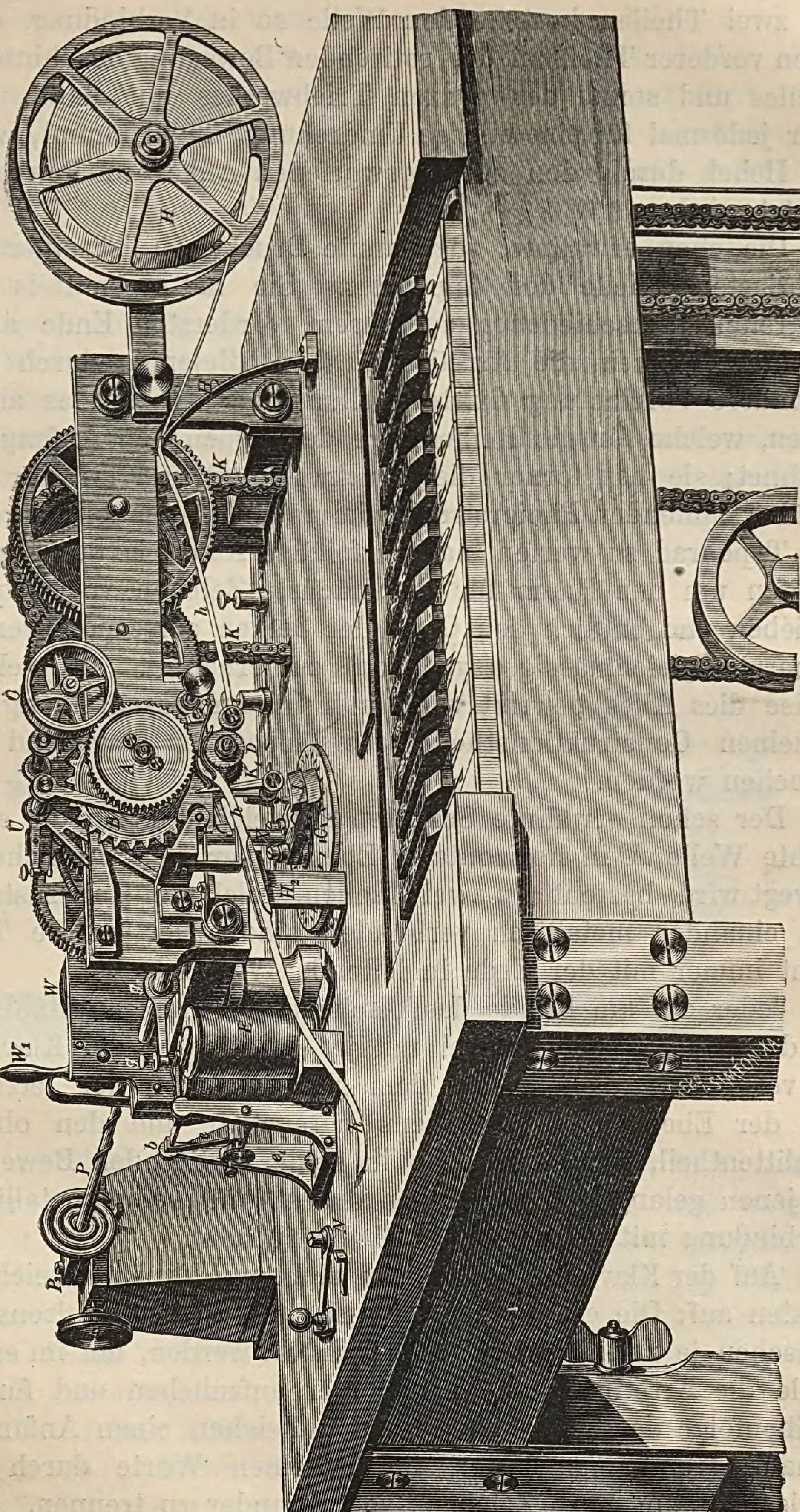


Fig. 106.

aus zwei Theilen bestehenden Welle so in Verbindung, dass deren vorderer Theil an der rotirenden Bewegung des hinteren Theiles und somit des ganzen Triebwerkes nur dann, und zwar jedesmal für eine einzige Umdrehung, Theil nimmt, wenn der Hebel durch den zurückgeworfenen Anker in Bewegung gesetzt wird.

Die eben erwähnte, sogenannte Druckwelle ist einer der wichtigsten Theile des Apparates. Sie hat vermittels des Eingreifens verschiedener auf ihrem vordersten Ende angebrachter Daumen die Arretirung, d. h. diejenige durch eine besondere Vorrichtung fixirte Stellung des Typenrades aufzuheben, welche für die Reihenfolge der Typen den Anfang bezeichnet; sie hat ferner die Druckwalze *D* und mit ihr den darüber laufenden Papierstreifen im rechten Augenblicke gegen das Typenrad zu werfen, nach erfolgtem Abdrucke den Papierstreifen um den Raum für das nächste Zeichen vorwärts zu schieben und endlich den Gang der beiden correspondirenden Apparate gleichmässig (synchron) zu erhalten. In welcher Weise dies Alles bewirkt wird, soll in der Beschreibung der einzelnen Construktionstheile des Apparates eingehend besprochen werden.

Der schon erwähnte Schlitten *L*, welcher durch die senkrechte Welle *X* in horizontaler Ebene über dem Tischchen *C* bewegt wird, besteht aus zwei Theilen, welche im Ruhezustande mit einander metallisch verbunden sind. Der untere Theil steht immer mit der Erde in leitender Verbindung.

Jeder der am Rande des Tischchens sichtbaren Stahlstifte ist durch einen Gelenkhebel mit je einer Taste der Klaviatur so verbunden, dass er bei dem Niederdrücken der letzteren aus der Ebene des Tischchens heraustritt und den oberen Schlittentheil, sobald derselbe in seiner rotirenden Bewegung an jenen gelangt ist, nach oben drückt und seine metallische Verbindung mit dem unteren Theile aufhebt.

Auf der Klaviatur fallen zwei nicht mit Typen bezeichnete Tasten auf: Die erste muss vor Anfang des Telegraphirens und zwischen je zwei Worten niedergedrückt werden, um im ersten Falle die Arretirung des Typenrades aufzuheben und für die Reihenfolge der zu telegraphirenden Zeichen einen Anfang zu schaffen, und um ferner die einzelnen Worte durch den Zwischenraum eines Zeichens von einander zu trennen.

Durch Niederdrücken der zweiten Blanc-Taste wird das Typenrad so auf seiner Axe verschoben und durch einen besonderen Mechanismus in dieser neuen Stellung fixirt, dass bei jedem Tastendrucke nicht ein Buchstabe, sondern eine Zahl oder ein Interpunktionszeichen zum Abdrucke gelangt.

Um das Typenrad wieder normal zu stellen, um also nicht Zahlengruppen, sondern Worte auf dem Papierstreifen zu erhalten, hat man nur nöthig, das weitere Telegraphiren durch Niederdrücken der ersten Blanc-Taste einzuleiten.

Wenn in Fig. 107 die Batterie mit dem Tastenhebel K'', die Elektromagnet-Umwindungen einerseits mit dem oberen Schlittentheile S, anderseits mit der Leitung L in Verbindung stehen, dann geht, sobald man auf dem einen Amte eine Taste K niederdrückt, der galvanische Strom von der Batterie nach

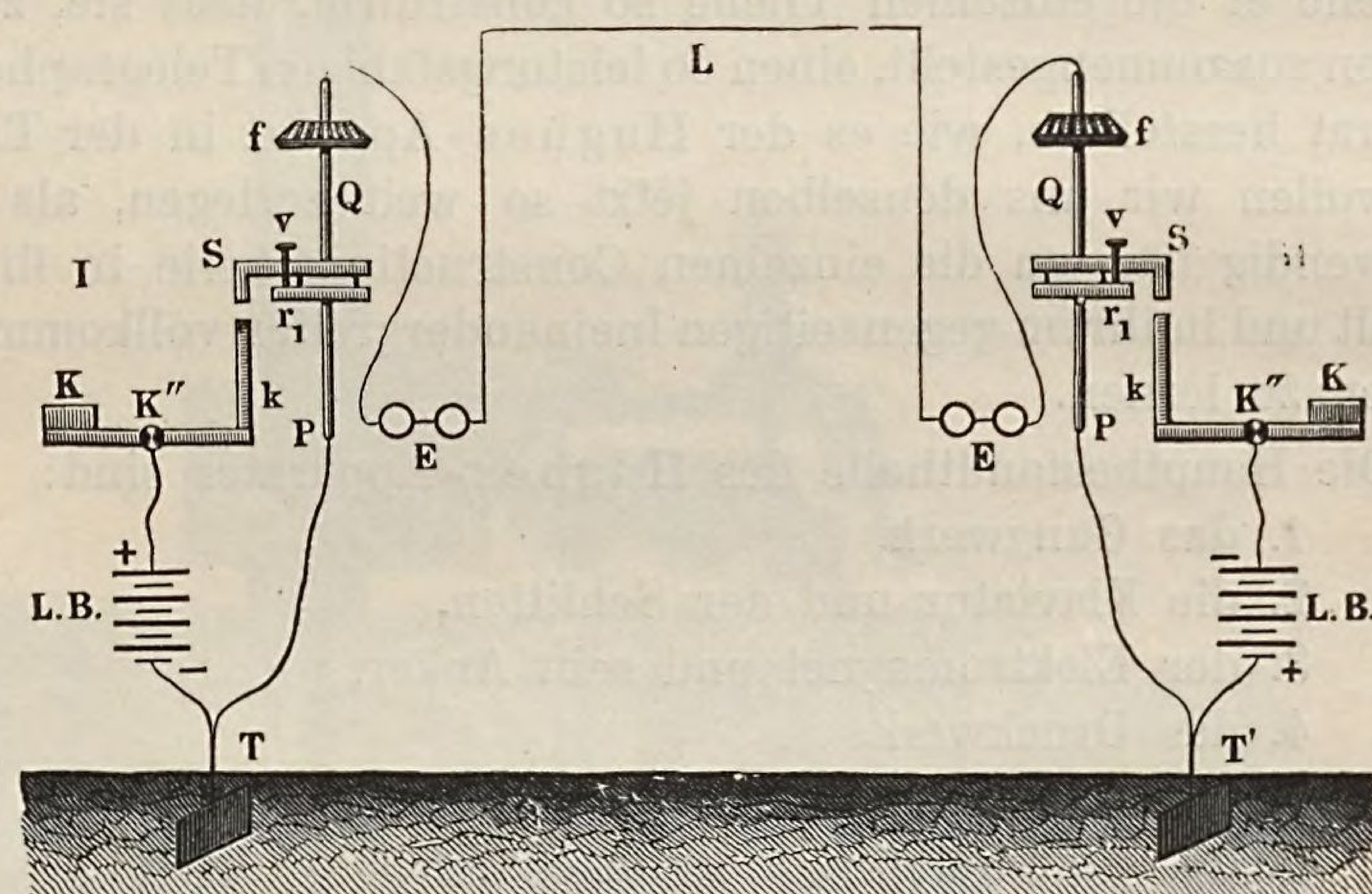


Fig. 107.

dem aus dem Tischchen hervortretenden Stifte k und, sobald dieser den oberen Schlittentheil berührt und vom unteren abhebt, über denselben durch die Elektromagnet-Umwindungen in die Leitung und zum Endamte, wo er zunächst die Elektromagnet-Umwindungen durchfliesst und dann über den Schlitten (beide Theile desselben sind auf dem empfangenden Apparate leitend mit einander verbunden) zur Erde gelangt.

Die Ströme müssen beim Durchgange durch die Umwindungen so gerichtet sein, dass der Magnetismus der Kerne aufgehoben, bezw. geschwächt wird. Auf beiden Aemtern

werden demnach beim Niederdrücken einer Taste auf einem Amte die Anker gegen den Hebel gg_1, und in Folge Eingreifens eines Daumens der Druckwelle die Walze D mit dem auf ihr liegenden Papierstreifen gegen das Typenrad geworfen, wobei sich der Buchstabe abdruckt, dessen Type eben der Druckwalze gegenüberstand.

Die Typen werden durch Reibung an dem Farberädchen O, dessen Rand mit einem in Farbe getränkten Tuchstreifen überzogen ist, blau oder schwarz gefärbt.

Ein zweiter Daumen der Druckwelle bewegt den Papierstreifen so weit vor, dass die nächste Type auf ihm zum Abdrucke gelangen kann.

Nach dieser allgemeinen Besprechung, welche den Zweck hat, die Idee wiederzugeben, welche dem Erfinder vorgeschwebt hat, ehe er die einzelnen Theile so construirte, dass sie, zum Ganzen zusammengestellt, einen so leistungsfähigen Telegraphen-Apparat herstellten, wie es der Hughes-Apparat in der That ist, wollen wir uns denselben jetzt so weit zerlegen, als es nothwendig ist, um die einzelnen Constructionstheile in ihrer Gestalt und in ihrem gegenseitigen Ineinandergreifen vollkommen kennen zu lernen.

Die Hauptbestandtheile des Hughes-Apparates sind:

1. das Gangwerk,
2. die Klaviatur und der Schlitten,
3. der Elektromagnet und sein Anker,
4. das Druckwerk,
5. das Typenrad mit der Arretirung,
6. der Commutator und Umschalter,
7. die Regulir-Vorrichtung.

1. Das Gangwerk. — Dasselbe wird durch ein Gewicht von 50 kg, welches in einer doppelten Gliederkette so aufgehängt ist, dass beim Aufziehen mittels eines Trittbrettes die Gangart nicht gestört wird, in Bewegung gesetzt. Das Endziel der das Laufwerk immer schneller treibenden Uebertragungen ist die Bewegung der Druckwelle, des Typenrades und des Schlittens.

2. Die Klaviatur und der Schlitten. — Die Klaviatur wird durch 28 Tasten gebildet. Die schwarzen, welche, wie bei Flügelinstrumenten, die weissen überragen, tragen die

Buchstaben *A* bis *N*, die Zahlen und vier Interpunktionszeichen, während die weissen mit den übrigen Interpunktionszeichen und den Buchstaben von *O* bis *Z* bezeichnet sind.

Zwei weisse Tasten sind ohne Bezeichnung. Die erste, am linken Ende der Klaviatur liegende, leitet das Telegraphiren

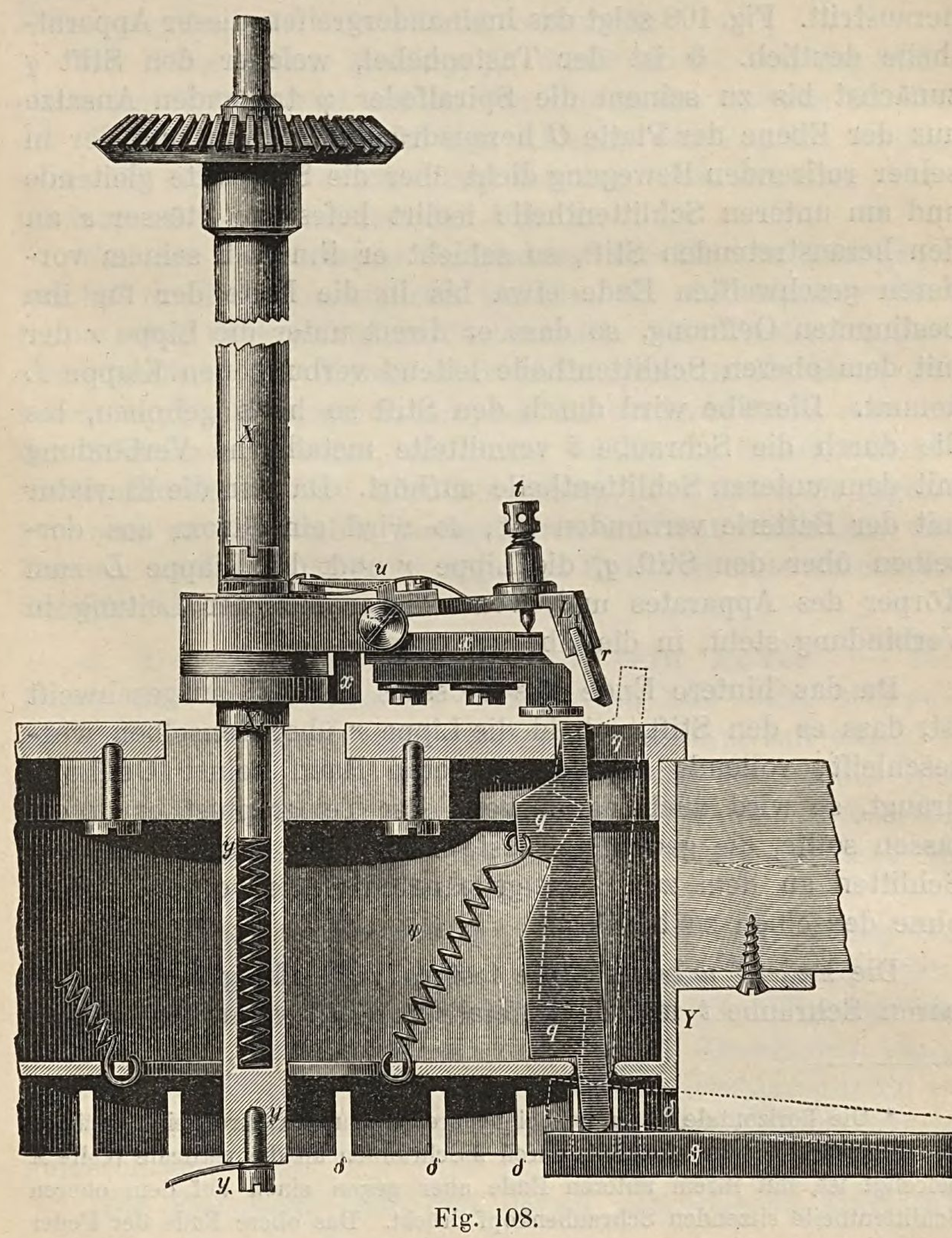


Fig. 108.

von Buchstaben, die zweite, zwischen den Buchstaben *V* und *W* liegende, das Telegraphiren von Zahlen und Interpunktionszeichen ein.

Jede Taste ist durch einen Gelenkhebel so mit je einem im Zustande der Ruhe nicht aus der Platte *C* herausragenden Stifte (dieselben sind in Fig. 106 an der Peripherie durch kurze Striche markirt) in Verbindung, dass beim Niederdrücken einer Taste der zu ihr gehörige Stift aus der Ebene der Platte heraustritt. Fig. 108 zeigt das Ineinandergreifen dieser Apparattheile deutlich. ϑ ist der Tastenhebel, welcher den Stift *q* zunächst bis zu seinem die Spiralfeder φ tragenden Ansatze aus der Ebene der Platte *C* herausdrückt. Kommt nun der in seiner rotirenden Bewegung dicht über die Stiftplatte gleitende und am unteren Schlittentheile isolirt befestigte Stösser *s* an den heraustretenden Stift, so schiebt er ihn mit seinem vorderen geschweiften Ende etwa bis in die Mitte der für ihn bestimmten Oeffnung, so dass er direct unter die Lippe *r* der mit dem oberen Schlittentheile leitend verbundenen Klappe *L* kommt. Dieselbe wird durch den Stift so hoch gehoben, bis die durch die Schraube *t* vermittelte metallische Verbindung mit dem unteren Schlittentheile aufhört. Da nun die Klaviatur mit der Batterie verbunden ist, so wird ein Strom aus derselben über den Stift *q*, die Lippe *r* und die Klappe *L* zum Körper des Apparates und, wenn dieser mit der Leitung in Verbindung steht, in dieselbe gelangen.

Da das hintere Ende des Stössers der Art ausgeschweift ist, dass es den Stift, sobald die Lippe *r* über denselben wegschleift, vollends an den äusseren Rand seiner Oeffnung drängt, so wird auch dann, wenn der Telegraphist es unterlassen sollte, die gedrückte Taste rechtzeitig freizugeben, der Schlitten an dem zur Seite gedrängten Stifte vorbei rotiren, ohne denselben zu berühren.

Die Feder* *u* bewirkt die festere Verbindung der regulirbaren Schraube *t* mit dem Metallstücke *x*, wenn die Lippe *r*

* Die horizontale Feder ist bei neueren Apparaten durch eine verticale Feder ersetzt, welche einerseits durch 2 Schrauben an die verticale Welle *X* befestigt ist, mit ihrem unteren Ende aber gegen einen auf dem oberen Schlittentheile sitzenden Schraubenkopf drückt. Das obere Ende der Feder ist zwischen den beiden erwähnten Schrauben kantig ausgearbeitet, so dass bei Anziehung der unteren Schraube sich das freie Ende der Feder mit geringem, bei Anziehung der oberen Schraube aber mit stärkerem Drucke gegen den Schraubenkopf auf dem Schlitten legt.

keinen Stift schleift. Wie aus Fig. 108 ersichtlich, liegt zwischen den beiden verticalen Axentheilen *X* eine isolirende Ebonitschicht. Im Zustande der Ruhe aber, d. h. wenn keine Taste gedrückt wird, sind beide Axentheile durch die Schraube *t* mit einander, und da der untere in einer mit Erdleitung versehenen Hülse *y* endet, mit Erde leitend verbunden.

Die Hülse *y* (aus Messing) ist durch Ebonit von der Stiftplatte isolirt und trägt ausser dem Zapfen des unteren Theiles der Axe *X* noch eine auf das Axlager des Zapfens kräftig wirkende Spiralfeder zur Vergrösserung der leitenden Verbindung zwischen ihr und der Axe *X*.

Um der momentanen Verbindung der Batterie mit Erde, welche in dem Augenblicke eintritt, wo die Lippe *r* (der Reiber) den nach erfolgtem Tastendrucke hervortretenden Stift zwar berührt, von diesem aber noch nicht in die Höhe gehoben wird, zu begegnen, hat man ihr vorderes Ende, welches den Stift zuerst berührt, mit einem vollständig isolirten Stahlstücke versehen. Erst nachdem dieses über den Stift gegangen und so der Reiber hochgehoben ist, tritt Strom aus der Batterie zu dem jetzt nicht mehr mit Erde verbundenen oberen Schlittentheile.

3. Der Elektromagnet und sein Anker. — Die Kerne des Elektromagneten sind nicht, wie beim Morse-Apparate, durch ein eisernes Querstück am Fusse mit einander verbunden, sondern mit ihren unteren Enden auf ein aus vier kräftigen Stahlmagneten bestehendes Hufeisen-System aufgesetzt, so dass sie selbst so lange magnetisch sind, als sie nicht ein entmagnetisirender Strom umkreist.

Da der galvanische Strom nicht immer stark genug ist, den den Kernen mitgetheilten Magnetismus in genügendem Maasse zu schwächen, so vermindert man die Wirkung des magnetischen Systemes auf die Kerne durch Einschieben eines Stahlstückes (der Armatur) unter die Magnetisirungsspiralen an der Stelle, an welcher die Eisenkerne auf das Magnet-System aufgeschraubt sind.

(Die Eisenkerne mit den darauf geschobenen Spiralen*

* Jede Drahtrolle hat einen Widerstand von etwa 500 *S. E.*; der zu denselben verwendete (mit Seide umsponnene) Kupferdraht von 0,15 mm Durchmesser umgiebt jede Rolle mit ungefähr 8500 Umwindungen.

ragen aus dem Tische, welcher das Gestell des Getriebes trägt, hervor, während die Stahlmagnete unter der Tischplatte befestigt sind.)

Der Anker ist um die Axe *b* drehbar (s. Fig. 106) und wird, wenn der Strom den Magnetismus der Kerne geschwächt hat, durch die Kraft einer Stahlfeder gegen die Hebelschraube *g* geworfen.

Da die Schwächung des Magnetismus von der Stärke des in den Spiralen circulirenden Stromes abhängt, letzterer aber, von mancherlei Zufällen abhängig, in unbestimmten Zeiträumen variabel ist, so muss jene Feder ebenfalls variabel, d. h. so eingerichtet sein, dass ein Reguliren derselben leicht und schnell ausgeführt werden kann. Dies geschieht vermittels einer Schraube mit am Rande gereifeltem Kopfe. Derselbe ist in Fig. 106 am Gestelle e_1 sichtbar, während die Feder selbst, bis auf ihren obersten Theil, mit welchem sie an der Anker-Axe befestigt ist, durch die vordere Wange jenes Gestelles bedeckt wird. Die hintere in Fig. 106 erkennbare, sogenannte fixe Feder *e* hat nur mechanische, fast unveränderliche Widerstände zu überwinden. Ist dieselbe einmal gut eingestellt, was durch die hinter der erstgenannten Stellschraube sichtbare Kopfschraube mit Hilfe eines Schraubenziehers bewirkt wird, so hält sie längere Zeit aus. Ihr Zweck ist, den Anker mit solcher Kraft gegen *g* zu werfen, dass der Hebel gg_1 die Verkuppelung des vorderen Theils der Druckwelle mit ihrem hinteren Theile (der sogenannten Schwungradwelle) präcise bewirken kann.

4. Das Druckwerk. — Dasselbe besteht aus der Druckwalze und der Druckwelle. Erstere, *D* in Fig. 109, wird vermittels des um *M* drehbaren Hebels *J* gegen das Typenrad geworfen, sobald das gabelförmige Ende *p* von dem vordersten Daumen *a* der Druckwelle, welche in dem Metallansatze *n* ihr Lager hat, nach oben gedrückt wird. Diese Bewegung ist, da die Druckwelle sich sieben Mal so schnell, wie die Welle des Typenrades und Schlittens bewegt, eine nur momentane und wiederholt sich bei jeder, durch einen Tastendruck hervorgerufenen Umdrehung der Druckwelle. Nachdem der Daumen *a* den Hebel *J* wieder fallen gelassen hat, drückt die hinter *a* sitzende Schnecke ϑ (s. Fig. 110) den Hebel J^1 nieder. Mit

diesem senkt sich der Sperrhaken J_2, welcher mit dem Sperrrade R der Druckwalze correspondirt, und dreht dasselbe um einen Zahn nach links, so dass der Papierstreifen mit dem abgedruckten Zeichen vorwärts geschoben und leeres Papier

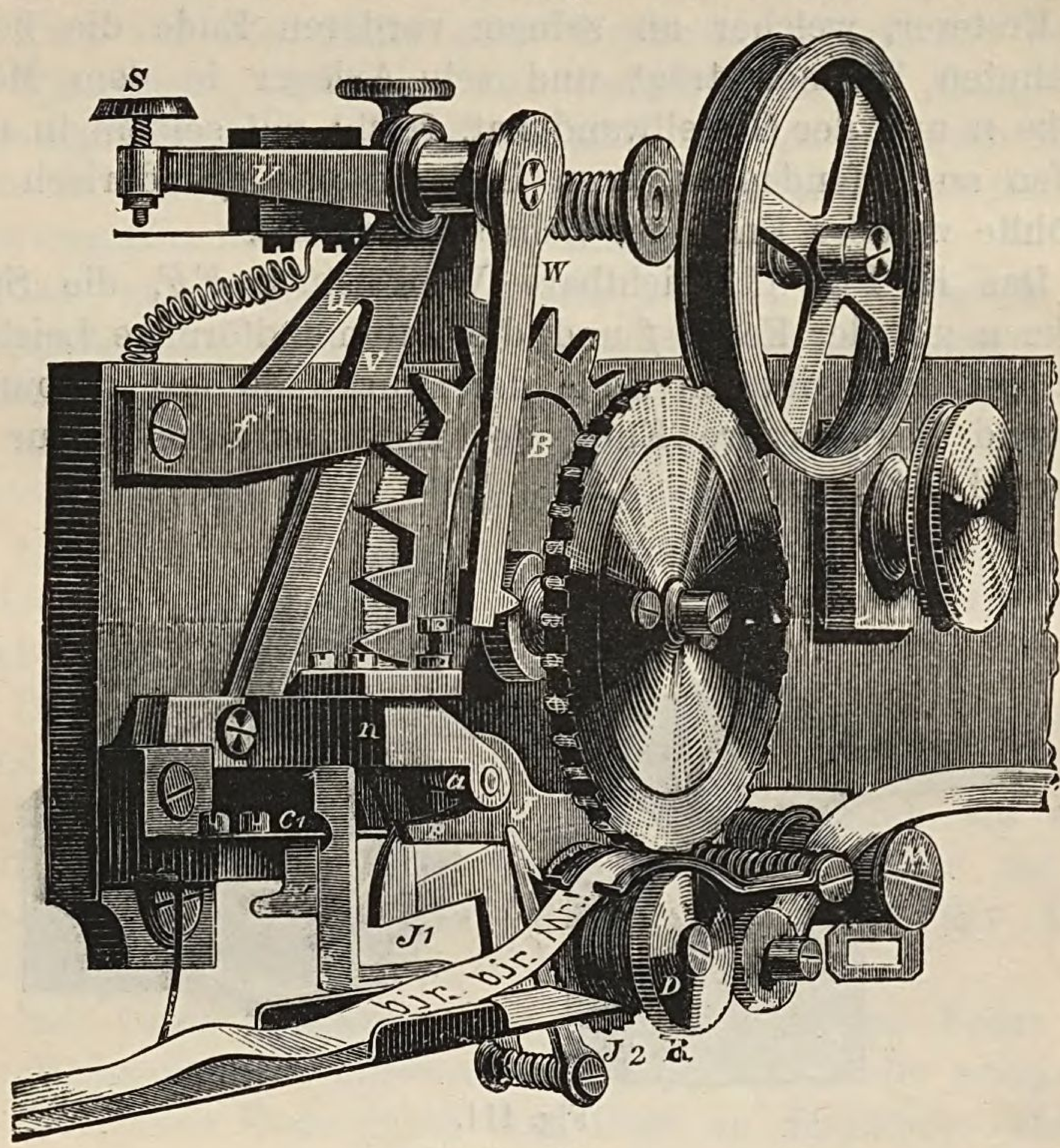


Fig. 109.

zum Abdrucke des nächsten Zeichens unter die tiefste Stelle des Typenrades gebracht wird.

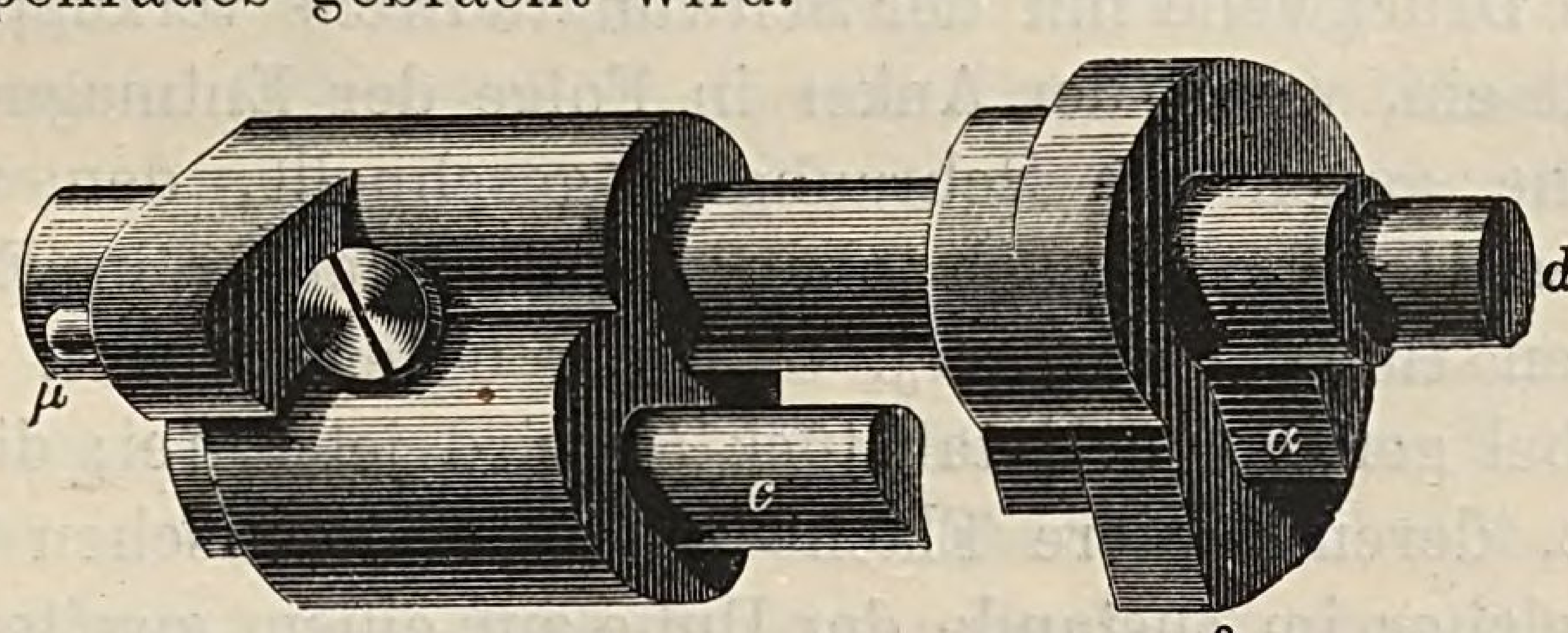


Fig. 110.

Die Funktion des dritten Daumens, des sogenannten Corrections-Daumens der Druckwelle, können wir erst besprechen,

nachdem wir die Einrichtung des Typen- und Correctionsrades kennen gelernt haben. Vorher bleibt uns noch die Art der Verkuppelung des vorderen Theiles der Druckwelle mit dem hinteren, der Schwungradwelle, zu besprechen übrig.

Ersterer, welcher an seinem vorderen Ende die bereits erwähnten Daumen trägt und sein Axlager in dem Metallstücke *n* und der Gestellwand hat, reicht mit seinem in einen Zapfen auslaufenden hinteren Ende in das cylinderisch ausgehöhlte vordere Ende der Schwungradwelle.

Das in Fig. 111 sichtbare Winkelstück *FF*, die Sperrklinke *n* mit der Feder *f* und die halbmondförmige Leiste F_1 sind mit dem hinteren Ende der Druckwelle fest verbunden, während das vordere Ende der Schwungradwelle nur das Sperrrad *ZZ* trägt.

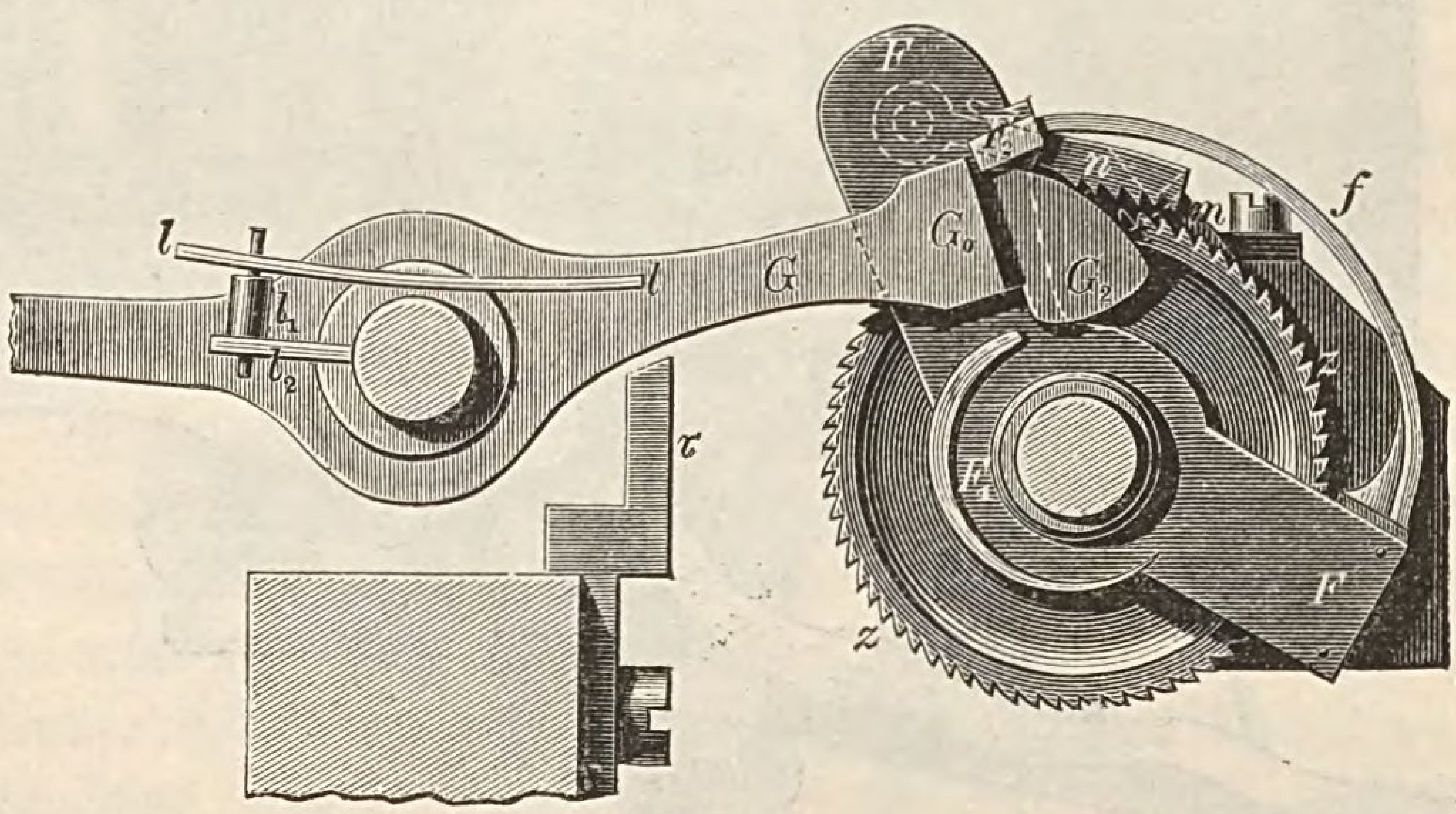


Fig. 111.

Es ist klar, dass, wenn die Sperrklinke *n* in die Zähne des letzteren eingreift, die beiden Wellentheile mit einander, d. h. die Druckwelle mit der Schwungradwelle verkuppelt sind. Dies tritt ein, wenn der Anker in Folge der Entmagnetisirung der Kerne gegen die Schraube *g* geschnellt, den vorderen Theil des Hebels g^1 nach oben, den hinteren, in Figur 111 sichtbaren Hebelarm G, G_0, G_2 nach unten drückt: Das von dem Hebel gefangene Metallstück F_2 wird jetzt frei; die Sperrklinke *n*, deren hintere Fläche einen prismatischen Fortsatz trägt, welcher im Zustande der Ruhe auf einem zweiten, direct unter ihm auf dem Axlager der Schwungradwelle fest angebrachten, ähnlichen Prisma aufsitzt, wodurch die Sperrklinke vom Sperrade entfernt gehalten wird, gleitet von dem Prisma

herab und greift in das Sperrrad. Die hiermit eingetretene Verkuppelung findet so lange statt, bis die bereits erwähnten und theilweise besprochenen Daumen der Druckwelle ihre Schuldigkeit gethan haben.

Kurz vor dem Ende einer Umdrehung läuft das Prisma der Sperrklinke wieder auf das feste Prisma am Axlager der Schwungradwelle auf, der Fortsatz F_2 stemmt gegen das Hebelende, so dass die Druckwelle an der weiteren Rotation der Schwungradwelle nicht Theil nehmen kann.

Der halbmondförmige Ansatz F_1 hat den Zweck, den herabgefallenen Hebel G, G_0, G_2, indem er etwa nach einer halben Umdrehung unter G_2 eingreift, soweit zu heben, dass die Schraube g vom vorderen Hebelarme sich am Ende der Umdrehung wieder dicht über dem Anker befindet.

Ein zu tiefes Herabfallen des Hebelarmes G, G_0, G_2 verhindert die unter ihm an der Verbindung der Gestellplatten angebrachte Stütze t.

Die glatte Feder ll, deren rechtes Ende an der inneren Wand der vorderen Gestellplatte oder an dem oberen Axlager des Schlittens befestigt ist, und deren linkes Ende auf einem Cylinder l_1 sitzt, welcher einen Druck der Feder auf den Arm l_2 zulässt, unterstützt das Aufwärtsgehen des Armes G G_0 G_2.

Bei vielen Apparaten ist statt der glatten Feder eine Spiralfeder um den hinteren Theil der Hebelwelle gelegt und mit dem einen Ende durch eine Oese an derselben befestigt, während das andere Ende von der hinteren Gestellplatte gehalten wird.

5. Das Typenrad mit der Arretirung. — Das Typenrad A (s. Fig. 109) trägt an seinem Rande 52 erhabene Typen, welche Buchstaben, Zahlen und Interpunktionszeichen darstellen. Ihre Reihenfolge ist durch zwei leere Stellen unterbrochen, welche in ihrer Weite je zwei Typen entsprechen. Dicht hinter dem Typenrade sitzt das Correctionsrad B. Dasselbe wird mit jenem durch eine Messinghülse, welche lose auf die mit dem Laufwerke correspondirende Welle aufgeschoben ist, verbunden. Indem nun ein an der hinteren Seite des Correctionsrades angebrachtes dreizahniges Gesperre in die Zähne eines auf der Welle sitzenden Sperrrades eingreift, wird das

zu einem Systeme verbundene Corrections- und Typenrad mit jener Welle verkuppelt.

Die messingene Verbindungshülse ist mit einem Einschnitte versehen, in welchen der Hebelarm *W* mit seinem hakenförmigen Ende greift, sobald man vermittels des Knopfes *S* den Arm *U* niederdrückt. Hierdurch werden Typen- und Correctionsrad gleichzeitig in dem Augenblicke arretirt, wo dasjenige leere Feld über der Druckwalze steht, welches der Buchstaben-Blanctaste entspricht. Man lässt diese Arretirung beim Anfange des Telegraphirens und ausserdem dann eintreten, wenn durch ungleichmässige Bewegung der beiden correspondirenden Apparate auf dem empfangenden Amte nicht die Zeichen zum Abdrucke gelangcn, welche auf dem gebenden durch Tastendruck erzeugt werden.

Um zu verhüten, dass mit dem Typen- und Correctionsrade auch das übrige Laufwerk angehalten wird, drückt der Arm *u* ebenfalls beim Niederdrücken des Hebels *U* die an der vorderen Gestellwand befestigte Feder *f* von derselben ab und gegen einen Stift, welcher an dem, an der hinteren Seite des Correctionsrades angebrachten, dreizahnigen Gesperre sitzt. Dieses wird dadurch aus den Zähnen des Sperrrades gehoben, welches, wie erwähnt, in gewöhnlichem Zustande die durch das Triebwerk in fortwährender Rotation gehaltene Welle mit dem Corrections- und Typenrade verkuppelt, letztere jetzt aber freigiebt, so dass ihrer Arretirung durch den Hebelarm *W* nichts entgegensteht.

Wird bei Tastendruck ein Strom durch die Elektromagnet-Umwindungen geschickt, so dass der losgelassene Anker gegen den Auslösehebel schnellt, welcher die Verkuppelung der Druckwelle mit der Schwungradwelle bewirkt, dann greift der dritte Daumen, der sogenannte Correctionsdaumen *c* (in Fig. 110) der Druckwelle in die Zähne des Correctionsrades und zwingt dasselbe zunächst zu einem ruckweisen Anrücken von links nach rechts. Dadurch wird der Einfall des Hebelarmes *W* aus dem Einschnitte der Messinghülse herausgedrängt. Ein vollständiges Aufheben der Arretirung bewirkt aber erst der vierte Daumen mit dem zur Druckwelle parallelen Stifte μ, indem derselbe das Ende des Armes *v* (in Fig. 109) fasst und so die ganze Hebelvorrichtung *UuvW* in die Ruhelage zurückwirft.

Da der Correctionsdaumen *c* bei jeder Umdrehung der Druckwelle in die Zähne des Correctionsrades *B* eingreift, und letzteres, sowie das Typenrad mit dem Sperrrade so verkuppelt ist, dass eine Verschiebung innerhalb enger Grenzen möglich, so wird durch dieses Eingreifen des Correctionsdaumens in das Correctionsrad dieses und das Typenrad etwas zurückgehalten, wenn das Laufwerk sich beschleunigte, und vorgeschoben, wenn letzteres sich etwa verzögerte. Auf diese Weise verhindert der Correctionsdaumen, dass kleine Fehler im Synchronismus des Laufwerkes sich auf das Typenrad übertragen.

Ferner wird durch den Correctionsdaumen *c* der Typenwechsel bewirkt.

Wie schon erwähnt, trägt, ausser den beiden Blanctasten, jede Taste die Bezeichnung eines Buchstabens und einer Zahl (oder eines Interpunktionszeichens). Durch Niederdrücken der ersten Blanctaste wird das Abtelegraphiren von Buchstaben, durch Niederdrücken der zweiten das von Zahlen und Interpunktionszeichen eingeleitet.

Wie dies geschieht, soll aus Folgendem klar werden:

In Fig. 112 sehen wir die den Gestellplatten zugekehrte Rückseite des Correctionsrades *B*. An derselben ist das flache Stahlstück *ZZ* (der Figurenwechsel) um die Axe *m* drehbar angebracht. Die beiden Enden des Stahlstückes sind so weit nach der Peripherie des Correctionsrades fortgesetzt, dass immer das eine den Zwischenraum zweier Zähne theilweise so lange ausfüllt, bis beim Niederdrücken einer der beiden Blanctasten der Correctionsdaumen in den ausgefüllten Zwischenraum einschlägt und das Stahlstück so bewegt, dass jetzt das andere Ende den ihm entsprechenden Zahninterval bedeckt. Diese Bewegung nach rechts und links theilt sich dem doppelarmigen Hebel *eag* und dem durch eine feste Axe mit ihm verbundenen Typenrade *A* mit. Die Verbindung des Typen- und Correctionsrades muss also auch der Art sein, dass eine Verschiebung des ersteren gegen das letztere nach beiden Richtungen in engen Grenzen möglich ist.

Zur Fixirung der jedesmaligen Stellung dient der zweizahnige Sperrhaken *b*, welcher durch die Feder *c* gegen das zugespitzte Ende von *eag* gedrückt wird.

Wie aus Fig. 109 ersichtlich, correspondirt immer je ein Zahn des Correctionsrades und ebenso je ein Intervall zweier Zähne mit je einer Type des Typenrades. Wenn nur die mit den Zähnen des Correctionsrades correspondirenden Typen

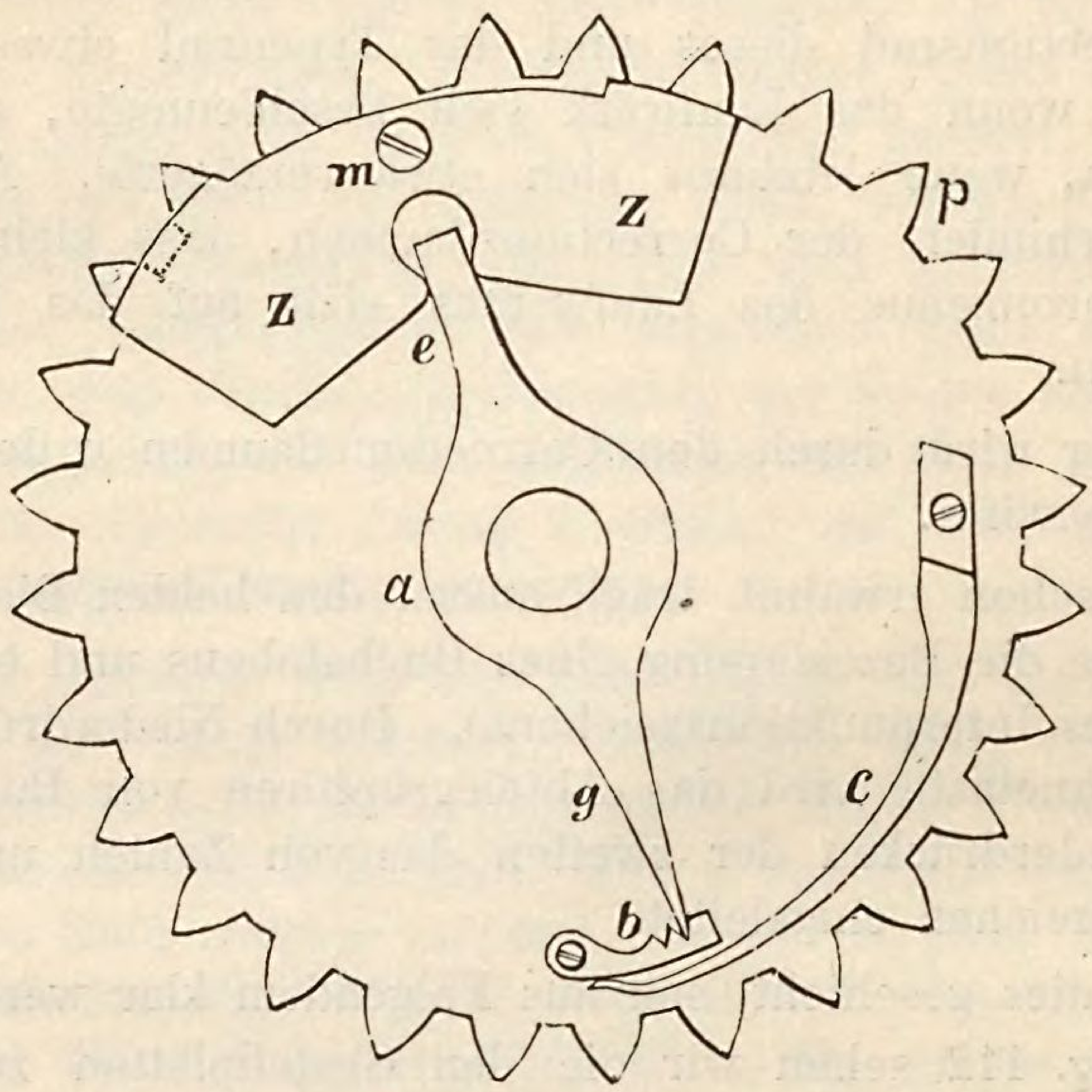


Fig. 112.

zum Abdrucke gelangen können, und diese in Fig. 109 z. B. Buchstaben darstellen, während die Zahlen und Interpunktionszeichen durch die Typen in den Intervallen vertreten sind, so muss, wenn letztere gedruckt werden sollen, eine Verschiebung der Typenscheibe in dem Sinne und soweit stattfinden, dass jetzt die Zahlentypen mit den Zähnen des Correctionsrades und die Buchstabentypen mit den Zwischenräumen zusammenfallen. Dies geschieht durch das Niederdrücken der Zahlen-Blanctaste, wobei der Correctionsdaumen in den dem Zahlenblanc entsprechenden und von dem betreffenden Ende des Stahlstückes *ZZ* ausgefüllten Zahnintervall einfällt. Bei jedem Tastendrucke gelangen nun Zahlen und Interpunktionszeichen so lange zum Abdrucke, bis die Buchstabenblanc-Taste niedergedrückt wird und der Hebel *eag* unter dem Einflusse des wieder zurückgeschlagenen Stahlstückes das Typenrad in die erste Lage zurückbringt.

Bei dem in Fig. 107 skizzirten Stromlaufe ist ein grosser Uebelstand folgender: Der galvanische Strom braucht wegen seiner geringen Spannung immer einige Zeit zu seiner vollen Entwickelung. Diese wird ihm bei der Schnelligkeit, mit welcher der Schlitten über die Stifte rotirt, nicht in genügendem Maasse gelassen. Wenn er nun auch auf dem gebenden Amte im Stande ist, die magnetischen Kerne so zu schwächen, dass ein correctes Losfliegen des Ankers stattfindet, so wird er doch durch Nebenschliessungen in der Leitung oft so geschwächt, dass für das empfangende Amt seine Kraft nicht mehr ausreicht. Diesem abzuhelfen hat Hughes dem corrigirenden Kamme noch die Function gegeben, durch Berührung mit einer an der vorderen Gestellplatte isolirt befestigten Stahlfeder c_1 (s. Fig. 109) den Stromkreis für den Elektromagnet des gebenden Amtes durch die Spiralen und die Leitung zu schliessen, während fast gleichzeitig, d. h. nachdem der Anker gegen die Hebelschraube geworfen ist, ein Strom von höherer Intensität direct über den Hebel in die Leitung gelangt.

Inzwischen hat der Correctionsdaumen die isolirte Feder verlassen, die durch Abreissen des Ankers sonst entstehenden Inductionsströme können sich nicht entwickeln und der geschwächte Magnetismus in dem Elektromagnetkerne hat Zeit, sich wieder zu stärken.

6. Der Commutator. — An den Hughes-Apparaten ältester Construction war ein Commutator und ein Umschalter Nr. IV angebracht. Ersterer diente dazu, dem Strome die Richtung zu geben, dass er bei seinem Durchgange durch die Spiralen den Magnetismus der Kerne abschwächt; letzterer machte einen Batteriewechsel möglich.

Da man nun z. B. eine mit Zink an Erde liegende Batterie für Hughes-Correspondenz nicht beliebig mit einer andern, deren Kupferpol mit Erde verbunden ist, vertauschen darf, ohne vermittels des Commutators auch den Eintritt in die Spiralen zu ändern, wurden immer zwei Umschaltungen nöthig. Diese in eine zu vereinigen, ist der Zweck des an neueren Apparaten angebrachten Doppelumschalters. Der in Fig. 113 dargestellte obere Theil desselben ist von dem unteren in Fig. 114 gezeichneten vollständig isolirt. Die Klemme B steht

mit den Tastenhebeln, die Klemme *Z* mit der Batterie, welche Zink, und die Klemme *K* mit der, welche Kupfer an Leitung hat, in Verbindung. An dem unteren Theile führen die Klemmen *E* und E_1 zu den Enden der Elektromagnet-Umwindungen, während die Klemme *Ku* mit der Axe der auf dem Apparattische zur Ausschaltung der Leitung befestigten Kurbel *N* (siehe Fig. 106) und *Ko* mit der isolirten Feder leitend verbunden ist.

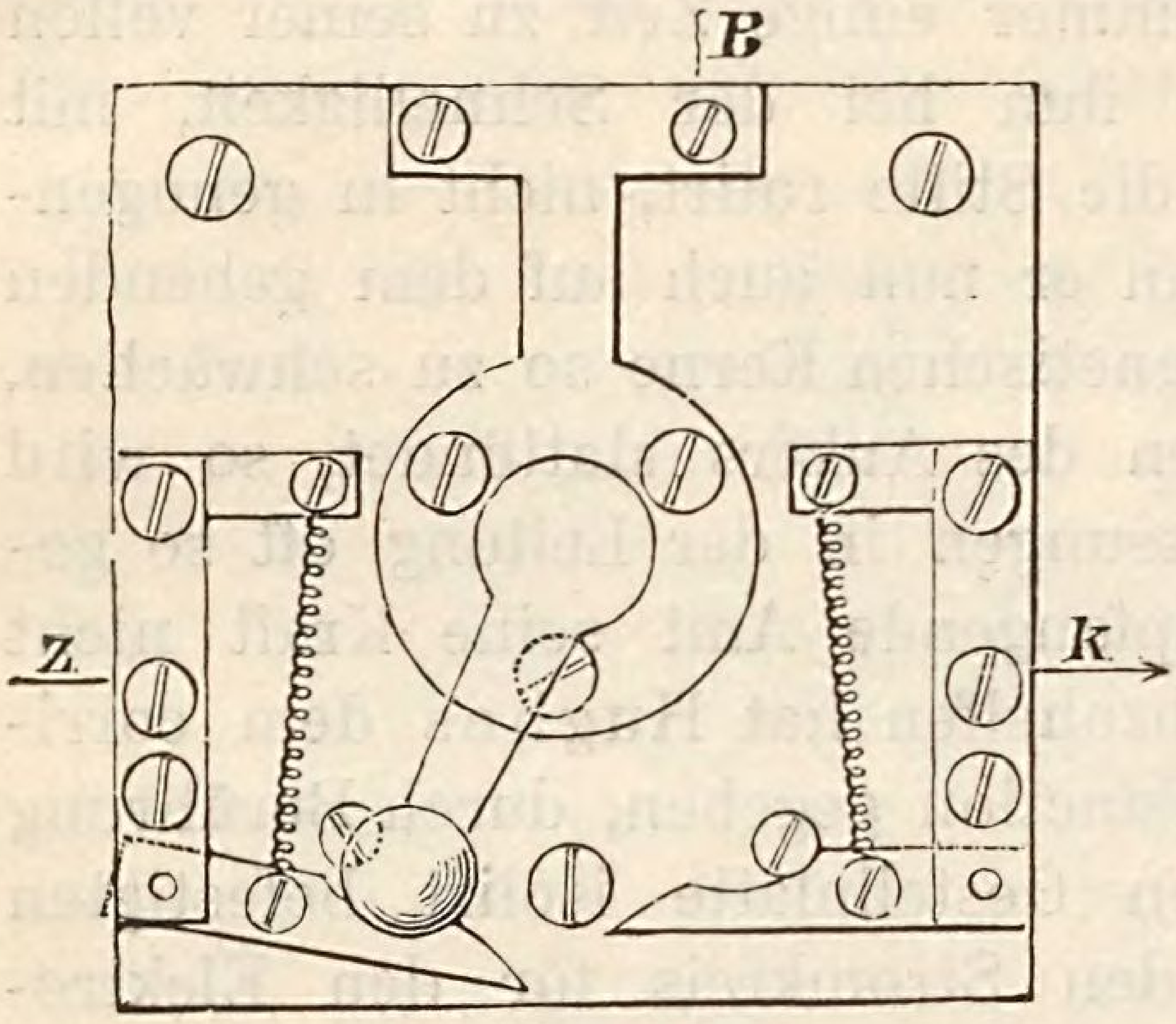


Fig. 113.

Wird die Kurbel des Doppelumschalters nach links bewegt, so liegt die Zinkbatterie an Leitung. Indem sich nun gleichzeitig die Axe *x* dreht, bewirkt sie durch die von einander isolirten halbkreisförmigen Metallbügel *c* und *d* die leitende Verbindung der durch Spiralfedern gegen die Axe gedrückten Metallstücke *a* mit b^1 und *b* mit a^1.

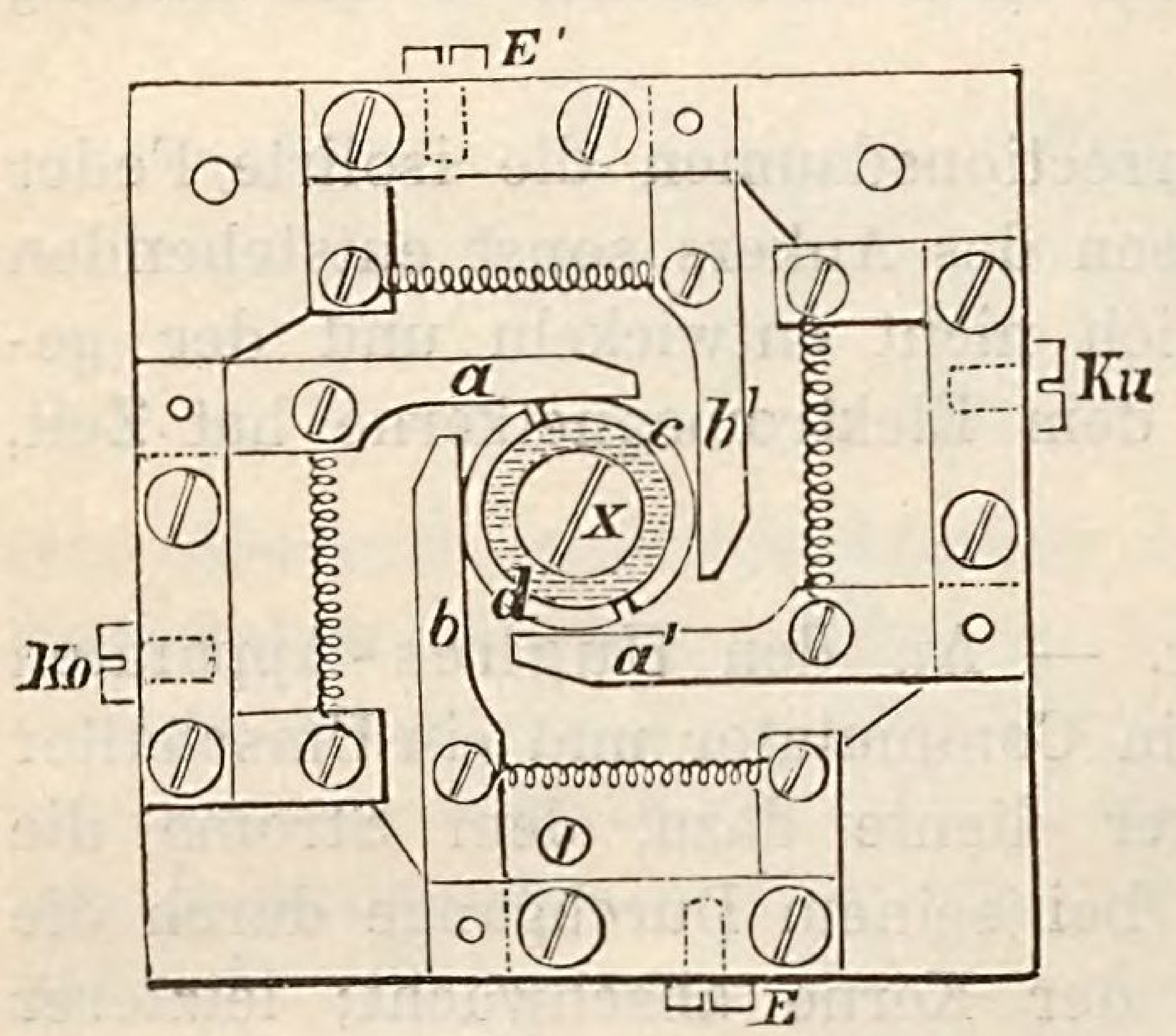


Fig. 114.

Wird die Kurbel nach rechts gedreht, dann tritt die Kupferbatterie in Wirkung und im unteren Theile des Umschalters sind *a* mit *b* und a^1 mit b^1 verbunden.

7. Die Regulirvorrichtung. — Das in Fig. 106 sichtbare Pendel *P*, welches den Gang des Laufwerkes zu reguliren hat, besteht aus der Lamelle und der Kugel. Erstere ist ein nach vorn sich verjüngender dicker Stahldraht (s. Fig. 115), dessen hinterer Theil *b* bis auf ein kurzes Ende zu einer flachen Spirale von mehreren Gängen gewunden ist. Die Befestigung des vorderen Endes *a* mit der Schwungradaxe

geschieht vermittels des in Fig. 116 gezeichneten Gelenkhebels. In der Oese *x* liegt lose das verjüngte Ende der Lamelle,

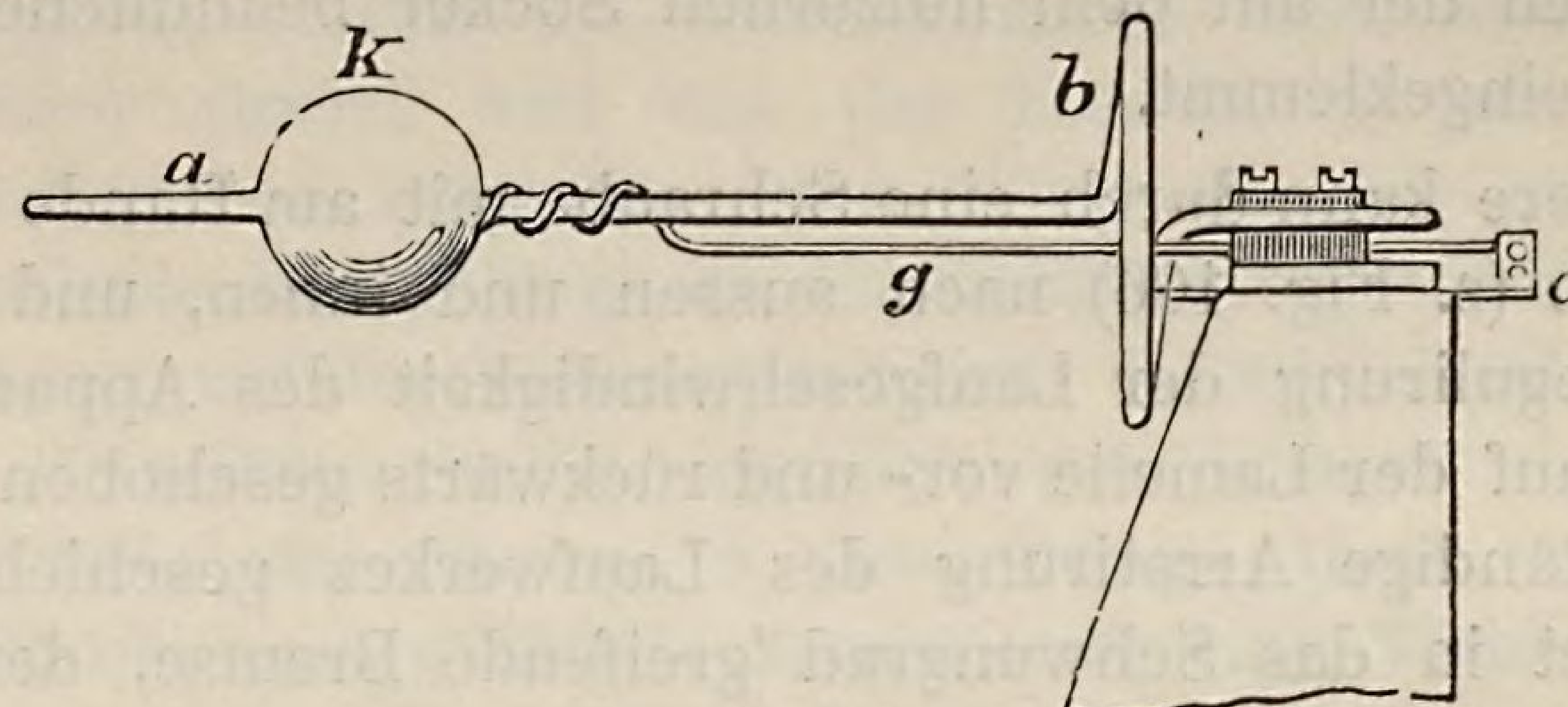


Fig. 115.

während die ganze Vorrichtung mit der Oese *y* auf der Axe des Schwungrades durch die Schraube *i* festgehalten wird. Das hintere starke Ende der Lamelle ist auf einem hölzernen Sockel zwischen Metallplatten fest eingeschraubt. Wenn das Schwungrad rotirt, entfernen sich bei zunehmender Geschwindigkeit die durch das Gelenk *b* mit einander verbundenen Arme *a* und a^1 von einander. Der Schwingungsbogen der Lamelle vergrössert sich, je mehr jene Arme divergiren. Um die Kraft, welche diese Divergenz

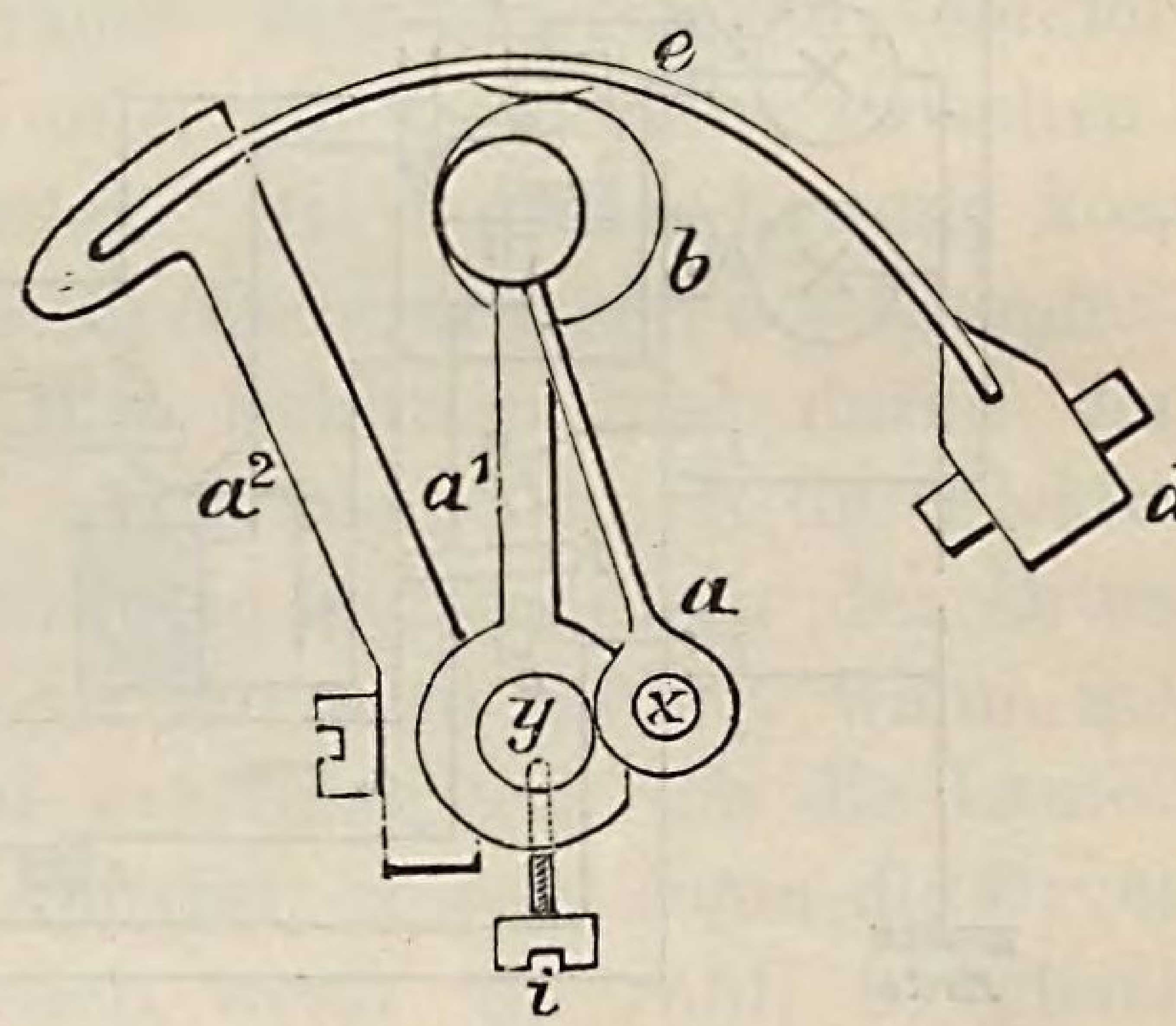


Fig. 116.

bewirkt, abzuschwächen, trägt der feste Arm a^2 eine Feder *e* mit einem aus Leder oder Lindenholz gefertigten Reibklötzchen *d*. Dieses schleift gegen die innere Wand eines metallenen, hinter dem Schwungrade sitzenden Bremsringes, und zwar mit um so stärkerer Reibung, je grösser die Rotationsgeschwindigkeit des Laufwerkes zu werden droht.

Während auf diese Weise die Laufgeschwindigkeit des Hughes-Apparates gleichmässig erhalten wird, gleichviel, ob die Druckwalze in Thätigkeit ist oder nicht, kann man durch den zweiten Theil der Lamelle, die Kugel *K*, die Laufgeschwindigkeit innerhalb gewisser Grenzen vergrössern und verringern.

Die aus Metall gearbeitete Kugel ist auf der Lamelle verschiebbar mit dem einen Ende eines in mehreren Gängen um

die Lamelle spiralförmig gelegten Stahldrahtes *g* (s. Fig. 115) verbunden. Das hintere Ende dieser Drahtspirale liegt zwischen den Backen der auf dem hölzernen Sockel befindlichen Zahnstange *d* eingeklemmt.

Letztere kann durch eine Schraube mit am Rande gereifeltem Kopfe (s. Fig. 106) nach aussen und innen, und mit ihr behufs Regulirung der Laufgeschwindigkeit des Apparates die Kugel *K* auf der Lamelle vor- und rückwärts geschoben werden. Die vollständige Arretirung des Laufwerkes geschieht durch eine direct in das Schwungrad greifende Bremse, deren Griff in Fig. 106 bei W_1 sichtbar ist.

Der Stromlauf. — Bei der in Fig. 117 angegebenen Kurbelstellung des Commutators wird mit Zinkstrom gearbeitet.

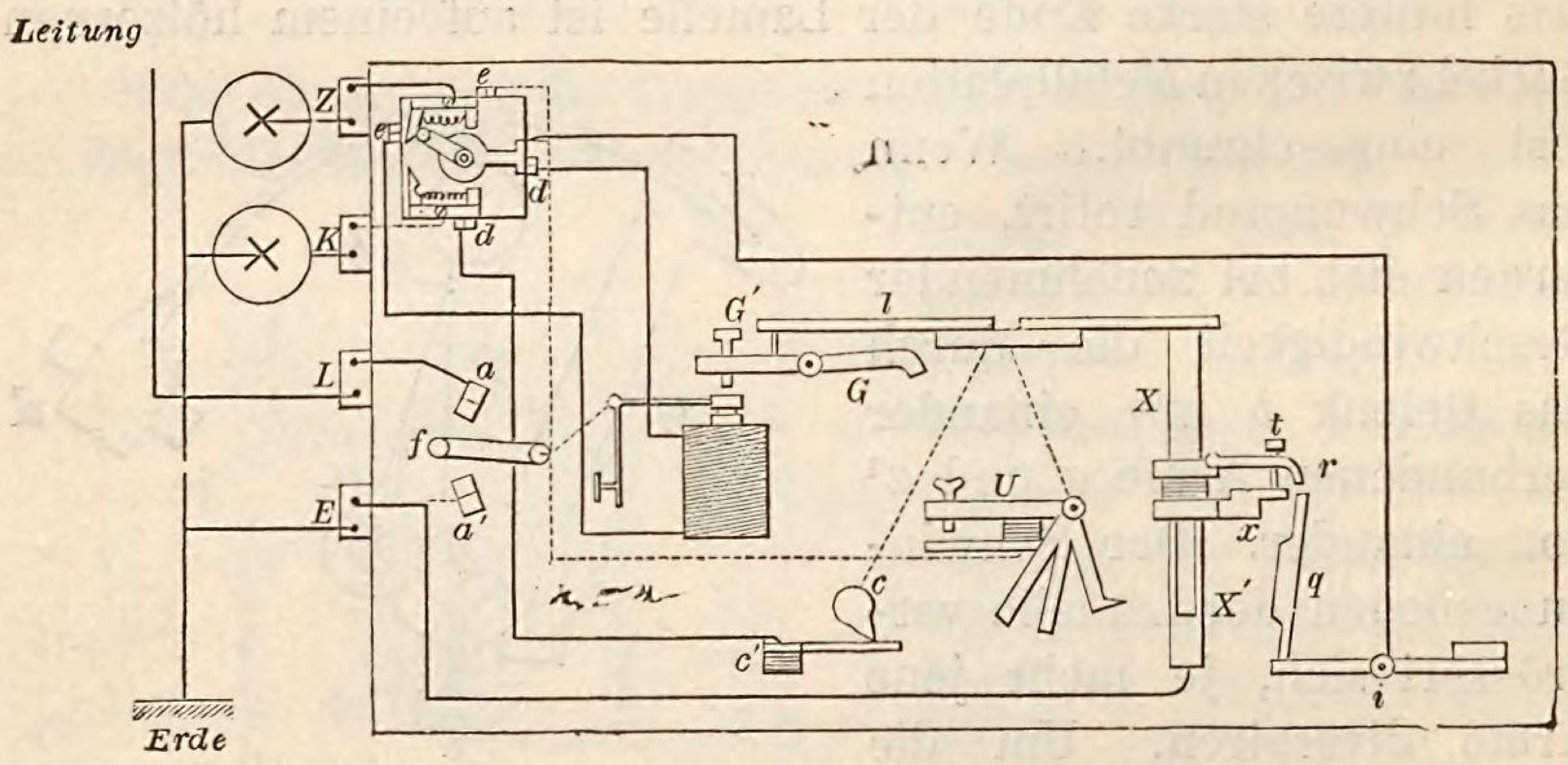


Fig. 117.

Derselbe tritt beim Niederdrücken der Taste *i* über *q* und *r*, obere Schlittenaxe *x* an das obere Axlager derselben, wo er sich zunächst in zwei Zweige theilt. Der erste Stromtheil geht über den corrigirenden Kamm *c*, die isolirte Feder c_1 zum Commutator und durch die Elektromagnet-Umwindungen zu demselben zurück, um von ihm aus endlich über die Kurbel des Aus- und Einschalters *f* bei Verbindung derselben mit *a* in die Leitung zu gelangen.

Wenn in Folge dieses den Magnetismus der Kerne schwächenden Stromes der Anker gegen *G'* geworfen ist, dann geht der andere Stromtheil direct über den Hebel, Anker und dessen Axlager zu *fa*, und tritt in die Leitung.

Der von der Leitung kommende Strom geht über *af* in der Richtung der punktirten Linie nach der Klemme *e* des Commutators, durch die Elektromagnet-Umwindungen zum Commutator zurück und von der Klemme *d* desselben zur isolirten Feder *c'*, über den Correctionsdaumen *c* zum oberen Schlittentheile, und gelangt, da dieser im Zustande der Ruhe mit dem unteren und durch diesen mit Erde verbunden ist, zur Erde.

An derselben Stelle, wo sich am Axlager der oberen Schlittenwelle der Strom in zwei Zweige theilt, ist in der Skizze durch eine punktirte Linie noch eine Verbindung mit dem Einstellhebel *U* angedeutet.

In Fig. 109 sieht man eine parallel zu diesem Hebelarme und isolirt an ihm befestigte Stahlfeder. Dieselbe ist mit dem Ausschalter und durch denselben mit der Leitung verbunden. Nun hat der Knopf *S* nicht nur den Zweck, den Hebel *U* behufs Arretirung des Typenrades niederzudrücken, sondern auch den der Herstellung einer leitenden Verbindung zwischen *U* und der darunter liegenden Feder. Der von der Leitung kommende Strom findet demnach beim Niederdrücken des Knopfes *S* einen directen Weg über *U* zum Schlitten und durch denselben zur Erde, während er sonst zuerst durch die Elektromagnet-Umwindungen geht und ein Functioniren der Druckwelle veranlasst. Diese Manipulation wird nöthig, wenn man beim Reguliren des Apparates erkennen will, ob die Lamelle gut arbeitet, d. h. ob sie den Apparat, sowohl wenn die Druckwelle in Thätigkeit ist, als auch wenn sie ruht, in gleichmässiger Laufgeschwindigkeit erhält.

Zu diesem Zwecke lässt man auf dem anderen Amte eine Zeit lang immer dasselbe Zeichen geben und regulirt an der Lamellenschraube so lange, bis fortwährend dasselbe Zeichen ankommt. Drückt man jetzt den Knopf *S*, dann stellt das Druckwerk so lange seine Thätigkeit ein, bis man jenen Knopf wieder frei giebt. Ist der Buchstabe, welcher in diesem Augenblicke wieder abgedruckt wird, derselbe, welcher kurz vor dem Ausschalten der Elektromagnet-Umwindungen auf dem Streifen erschien, dann kann man von der Regelmässigkeit der Laufgeschwindigkeit des Apparates überzeugt sein.

Die Hughes-Apparate neuerer Construction sind mit einer besonderen Contactvorrichtung versehen. Dieselbe ist in Fig. 118 durch negativen Schnitt sichtbar gemacht.

Am oberen Theile des horizontalen Schlittenarmes fehlt bei dieser Einrichtung das die Contactschraube *t* (Fig. 108) tragende Metallstück und der isolirte Stahlansatz, welcher den momentanen kurzen Schluss in dem Augenblicke, wo die Lippe den Stift nur berührt, ohne von demselben gehoben zu werden, verhüten soll. Am unteren Theile des Schlittenarmes fehlt das mit der Schraube *t* correspondirende Contactstück, der Ambos. Ferner sind beide Theile nicht mehr von einander isolirt.

An der Stelle, wo der obere Theil des Schlittens sich auf- und abwärts bewegen kann, trägt derselbe eine Verlängerung *f*, mit welcher er einen zweiarmigen Hebel bildet, so

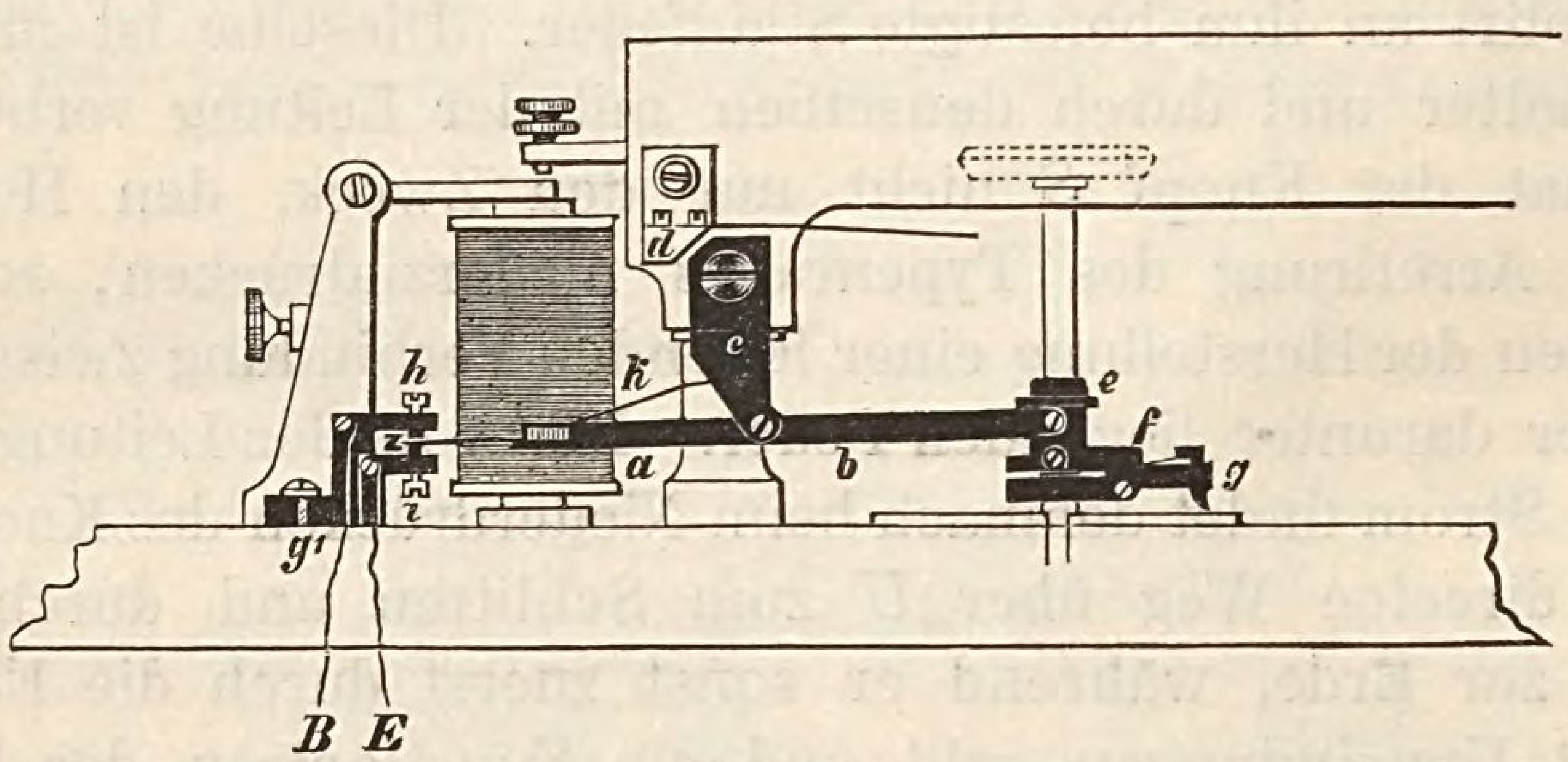


Fig. 118.

dass letztere *(f)* sich abwärts bewegt, wenn die Lippe *g*, welche um fast ½ der ursprünglichen Lippe verkürzt ist, durch Tastendruck gehoben wird.

Die Verlängerung *f* greift mit ihrem freien Ende vermittels einer Schraube auf den unteren vorspringenden Rand der auf- und abwärts verschiebbar um die Schlittenaxe gelegten Stahlhülse *e*, welche letztere bei aufsteigender Bewegung der Lippe abwärts gezogen wird. Die Stahlhülse *e* theilt ihre Bewegung dem zweiarmigen Hebel *ab** mit, welcher in *c* sein Axlager hat und dessen linker Arm in einer zwischen zwei von einander isolirten Contacten *h* und *l* sich bewegenden Zunge *z* endigt. Die Feder *k* hat den Zweck, zwischen der mit einer Erdleitung versehenen Contactschraube *l* und der

* Die Verbindung des rechten Hebelarmes mit der Stahlhülse vermittelt ein unter dem vorspringenden oberen Rande der letzteren gleitender Stahlstift.

Zunge *z* eine sichere Verbindung herzustellen. Die Contactschraube *h* ist mit der Batterie verbunden.

Kommt beim Drucke einer Taste der rotirende Schlitten an den hervortretenden Stift, so wird die Lippe nach oben gehoben, die Verlängerung *f* geht nach unten und zieht mit der Hülse *e* auch den Hebelarm *b* abwärts, während der linke Hebelarm *a*, den Widerstand der Feder *k* überwindend, sich an den oberen Contact *h* anlegt. In diesem Augenblicke gelangt Strom über den Hebel *ab*, den Correctionsdaumen, die isolirte Feder *c'* (s. Fig. 117) und durch die Verbindungen *dd* am Stromwender in die Elektromagnet-Umwindungen und tritt aus denselben zu den Klemmen *ee* des Stromwenders und über den Ausschalter *fa* in die Leitung.

Sobald der Elektromagnetanker gegen die Schraube *G'* des Auslösehebels geworfen wird, ist dem Strome gleichzeitig ein directer Weg über den Körper des Apparates, den Auslösehebel, das Ankergestell und den Ausschalter in die Leitung eröffnet.

Der ankommende Strom fliesst über den Ausschalter, die Klemmen *ee* des Stromwenders durch die Umwindungen des Elektromagneten, gelangt über die Klemmen *dd* des Stromwenders zur isolirten Feder und über den Correctionsdaumen und den Körper des Apparates zum Hebel *ab*, dessen Zunge *z* im Zustande der Ruhe durch die Feder *k* mit dem mit Erde verbundenen Contacte *l* in sicherer Verbindung gehalten wird.

Die französischen Beamten Terral und Mandroux (Annales Télégraphiques. Tome II. pag. 102) sollen den ersten Anlass gegeben haben, mit dem Hebel *ab* der vorher beschriebenen Einrichtung eine automatische Auslösung der Druckaxe zu verbinden.

Bei der in Figur 119 gezeichneten (von Siemens und Halske ausgeführten) Einrichtung letzterer Art ist die glatte Feder *k* (s. Fig. 118) durch eine Spiralfeder *s* ersetzt. Die Zunge *z* ist durch Elfenbein vom Hebel *ab* isolirt und steht durch die Spiralfeder *s* und den Ausschalter mit der Leitung, der Körper des Apparates aber mit Erde in Verbindung. Von der Contactschraube *i* führt ein Draht zur oberen Klemme *e* des Stromwenders (s. Fig. 117) und von der Contactschraube *h* ein solcher zur Batterie.

Bei dieser Schaltung geht der Strom nach erfolgtem Tastendrucke vom Contacte *h* über die Zunge *z* und die Spiralfeder *s* direct in die Leitung. Die Elektromagnet-Umwindungen werden von demselben nicht durchflossen. Damit aber behufs einer Controle die durch Tastendruck markirten Buchstaben auch von dem gebenden Apparate abgedruckt werden, erfolgt die Verkuppelung der Druckwelle mit der Schwungradwelle automatisch durch Uebertragung der Bewegung des Hebelarmes *b*

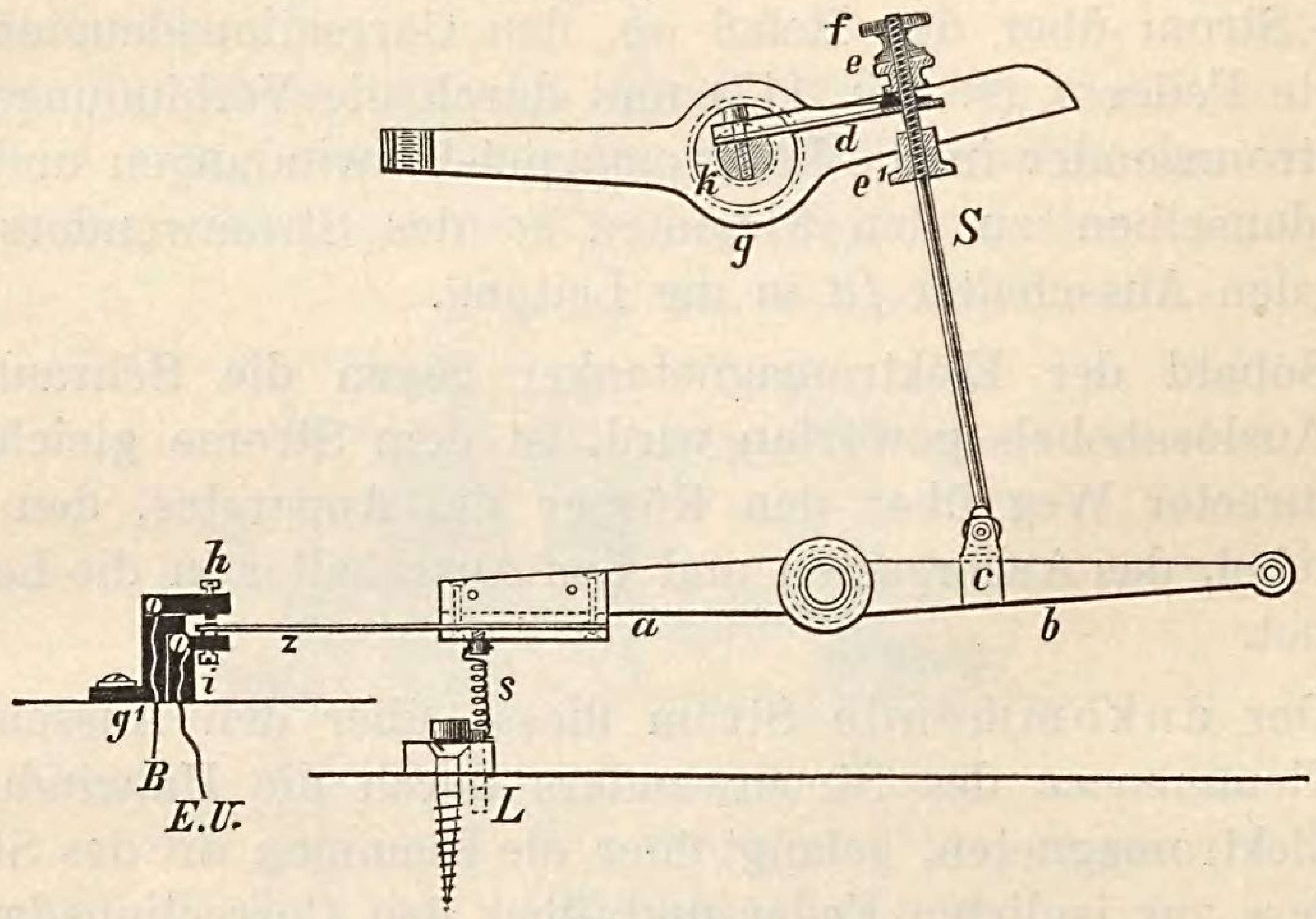


Fig. 119.

auf den Auslösehebel. Beide sind durch die Stange *S*, welche mittels einer Oese in das um *b* gelegte Messingstück *c* eingehakt ist, mit einander verbunden. Das obere Ende der Stange geht ohne Reibung durch die Oeffnung eines an der Axe *k* des Auslösehebels *g* angebrachten Messingstückes *d*. Vermittels der Mutterschraube *e* wird die Stange *S* so eingestellt, dass dieselbe bei niedergehender Bewegung des Hebelarmes *b* das Metallstück *d* an der Axe des Auslösehebels und somit den rechten Arm des Hebels *g* herabzieht. Dadurch wird die Druckwelle von ihrer Arretirung befreit und ihre Verkuppelung mit der Schwungradwelle mechanisch bewirkt.

Der Anker bleibt also beim gebenden Hughes fortwährend auf den Kernen aufliegen. Kommt aber ein Strom aus der Leitung, so findet die Auslösung, wie früher, durch das Losschnellen des Ankers gegen den Auslösehebel statt. Die Bewegung des letzteren überträgt sich indessen beim Empfangen

nicht auf den Hebel *ab*, da die Oeffnung im Metallstücke *d* weit genug ist, um eine freie Bewegung desselben über der Stange zwischen den beiden Mutterschrauben *e* und e^1 (also ab- und aufwärts) zuzulassen.

Für den empfangenden Apparat ist demnach der Stromlauf folgender: Der durch die Spiralfeder *s* (Fig. 119) und die Zunge *z* zum Contacte *i* geleitete Strom tritt über die Klemmen *ee* des Stromwenders (s. Fig. 117) in die Elektromagnet-Umwindungen, durchfliesst dieselben, geht über die Klemmen *dd* des Stromwenders zur isolirten Feder *c'* und über den Correctionsdaumen *c* durch den Körper des Apparates zur Erde.

Was die Leistungsfähigkeit des Hughes-Apparates anbelangt, so nimmt man als Durchschnittszahl für die in einer Minute abzutelegraphirenden Zeichen 270 an. Rechnet man wiederum durchschnittlich auf je ein Wort sechs Buchstaben, so kann man in einer Minute 45 Worte, also in einer Stunde 2700 Worte abtelegraphiren.

Der Fernsprecher (Telephon). — Im Jahre 1860 construirte Philipp Reis, Lehrer am Garnier'schen Institut zu Friedrichsdorf bei Frankfurt a. M., das erste elektrische Telephon. Dasselbe bestand aus zwei Apparaten, dem gebenden und dem empfangenden. Bei ersterem war über die Oeffnung eines Holzkastens eine Membran aus Schweinsdünndarm gespannt, welche in Schwingungen gerieth, sobald durch eine zweite unverschlossene Oeffnung Schallwellen in den Kasten gelangten. Auf der Mitte der Membran befand sich ein aufgekittetes Streifchen Platin, welches mit einer am Kasten angebrachten Klemme in leitender Verbindung stand. Diesem Platinstreifchen sehr nahe gegenüber lag ein mit einer zweiten Klemme verbundenes Metallstück. In die die Verbindung mit dem Empfangsapparate herstellende und mit ihren freien Enden an die erwähnten Klemmen geführte Schleifleitung war ausser dem Empfangsapparate eine kleine Batterie geschaltet. Der so gebildete elektrische Stromkreis wurde, sobald die Membran in Schwingungen gerieth, durch die sich hierbei bald berührenden, bald auseinander gehenden Metallstreifen (denjenigen auf der Membran und den diesem gegenüber liegenden) abwechselnd geschlossen und unterbrochen. Die auf diese Weise erzeugten elektrischen Stösse gelangten durch die Leitung zum Empfangs-

apparate. Letzterer bestand aus einer Rolle isolirten Kupferdrahtes, welche einen dünnen Eisenstab umgab. Jeder durch die Rolle gehende elektrische Stoss erzeugt (beim Schlusse des Stromkreises) eine Verlängerung und (bei Stromunterbrechung) ein Wiederzurückgehen des Eisenstabes in seine normale Länge. Die hierdurch bedingten Schwingungen des Eisenstabes brachten einen musikalischen Ton hervor, welcher in der Zahl der Schwingungen mit demjenigen übereinstimmte, der im gebenden Apparate die Schwingungen der Membran erzeugte. Da nun aber die Zahl der in einer gegebenen Zeit gemachten Schwingungen nur die Höhe oder Tiefe des auf diese Weise erzeugten Tones bestimmt, so vermochte das Telephon von Reis nur Töne verschiedener Höhe bezw. Tiefe, dagegen nicht die Tonfülle und noch weniger die Klangfarbe wiederzugeben. Reis selbst erkannte mit Bezug hierauf in einem im December 1861 niedergeschriebenen Aufsatze an, dass zur praktischen Verwerthung des Telephons noch sehr viel zu thun übrig bleibe, dass seine Erfindung aber ein neues Arbeitsfeld eröffne und schon dadurch hinreichendes Interesse für die Physik habe.

Der Apparat von Reis war also in der That nur ein Telephon, d. h. eine Vorrichtung zum Fortpflanzen von Tönen in die Ferne. Zur Uebermittelung der Sprache fehlte ihm noch zweierlei: erstens, dass auch die Weite der Schwingungen und zweitens, dass die neben den Hauptschwingungen durch das Sprechen gleichzeitig erzeugten Nebenschwingungen von geringerer Schwingungsweite der Membran des gebenden Apparates im Empfänger besonders wirken. Ersteres bedingt die Intensität der Töne, letzteres die Klangfarbe. Einen Apparat, welcher auch diesen Anforderungen entspricht, also einen wirklichen Fernsprecher, hat Professor A. Graham Bell aus Boston construirt und im Jahre 1876 auf der Weltausstellung in Philadelphia zuerst vorgeführt. Die mit diesem Apparate schon im October desselben Jahres zunächst innerhalb des Haupt-Telegraphenamtes in Berlin und demnächst zwischen Berlin und Schöneberg angestellten Versuche lieferten so günstige Erfolge, dass man keinen Anstand nahm, ihn innerhalb angemessener Grenzen als Uebermittler telegraphischer Correspondenz zu verwenden. Wie schnell und in welchem Umfange auch das Ausland dem durch die Deutsche Reichs-

Post- und Telegraphen-Verwaltung gegebenen Beispiele gefolgt ist, darf ich als bekannt voraussetzen.

Der Bell'sche Fernsprecher besteht aus dem Schalltrichter, der Membran aus Eisenblech und dem Elektromagnet mit polarisirtem Kern. Letzterer ist in dem Originalapparate ein kräftiger Stabmagnet, auf dessen einem Ende sich eine kleine Rolle isolirten Kupferdrahtes befindet. Dem diese Rolle tragenden Pole gegenüber liegt die Membran gegen den Rand eines sich oben kelchförmig erweiternden, den Magnetstab umschliessenden Holzcylinders. Dieselbe bedeckt der mit einer Oeffnung versehene Schalltrichter. Sender und Empfänger haben gleiche Einrichtung. Spricht man durch die Oeffnung des Schalltrichters gegen die Membran, so geräth dieselbe in Schwingungen, welche den durch das Sprechen erzeugten Schallwellen identisch sind. Diese Schwingungen der eisernen Membran vor dem Pole des Magnetstabes verursachen Schwankungen in der Stärke des letzteren; Veränderungen des Magnetismus eines Elektromagnetkernes aber erzeugen bekannter Weise in der Elektromagnetrolle Inductionsströme. Wenn nun diese Ströme durch die Leitung in die Drahtrollen des als Empfänger eingeschalteten zweiten Fernsprechers gelangen, so bewirken sie hier dasselbe, was im Sender ihre Entstehung verursachte, d. h. Schwankungen in der Anziehungskraft des Magnetstabes. Letztere endlich erzeugen wiederum Schwingungen der Membran des Empfängers, welche sowohl bezüglich ihrer Anzahl in bestimmten Zeiten, als auch bezüglich ihrer Weite und — um das gleichzeitige Auftreten und Wirken von Haupt- und Nebenschwingungen zum Ausdrucke zu bringen — bezüglich ihrer Schattirung den Schwingungen der Membran des Senders gleichartig sind und welche endlich in der Luftschicht zwischen dem Schalltrichter des Empfängers und dem an letzteren gehaltenen Ohre Wellen erzeugen, welche durch das Ohr die in den Sender gesprochenen Worte empfinden lassen.

Der in der Deutschen Reichs-Telegraphen-Verwaltung jetzt verwendete, von Siemens verbesserte Fernsprecher hat folgende, durch Fig. 120 und 121 veranschaulichte Einrichtung: An Stelle des früheren Stabmagneten ist ein Hufeisenmagnet *m* getreten, dessen Pole mit den Ansätzen *dd* aus flachem Eisen versehen sind, auf welchen die Drahtrollen *bb'* sitzen.

Dieses System befindet sich, wie Fig. 121 zeigt, in einem hölzernen oder aus Metall gearbeiteten Gehäuse, welches sich nach oben zu einer kreisrunden Büchse erweitert; letztere shcliesst eine dünne, den Polflächen der Elektromagnetkerne gegenüber liegende Membran *cc* aus Eisenblech. Auf der Büchse ist endlich der Schalltrichter *e* mittels Schrauben befestigt. In die Oeffnung des Schalltrichters lässt sich eine etwa 10 cm lange Zungenpfeife *a* einfügen, welche so eingerichtet ist, dass ein in ihr beweglich angebrachter und in einem Kügelchen endender Metallstab sich mit letzterem gegen die Membran stützt. Wird behufs Anrufens in die Pfeife geblasen, so theilen sich die Schwingungen der Zunge durch den Metallstab der Membran mit. Die hierdurch erzeugten stärkeren Inductionsströme versetzen die Membran des Empfängers in entsprechend starke Schwingungen, so dass ein im ganzen Zimmer der Empfangsstelle hörbarer Ton entsteht. Hat man dieses Rufzeichen mit der Pfeife beantwortet, bezw. ist auf das gegebene Rufzeichen ein Gegenruf als Antwort erfolgt, so schraubt man zum Sprechen und Hören die Pfeife ab.

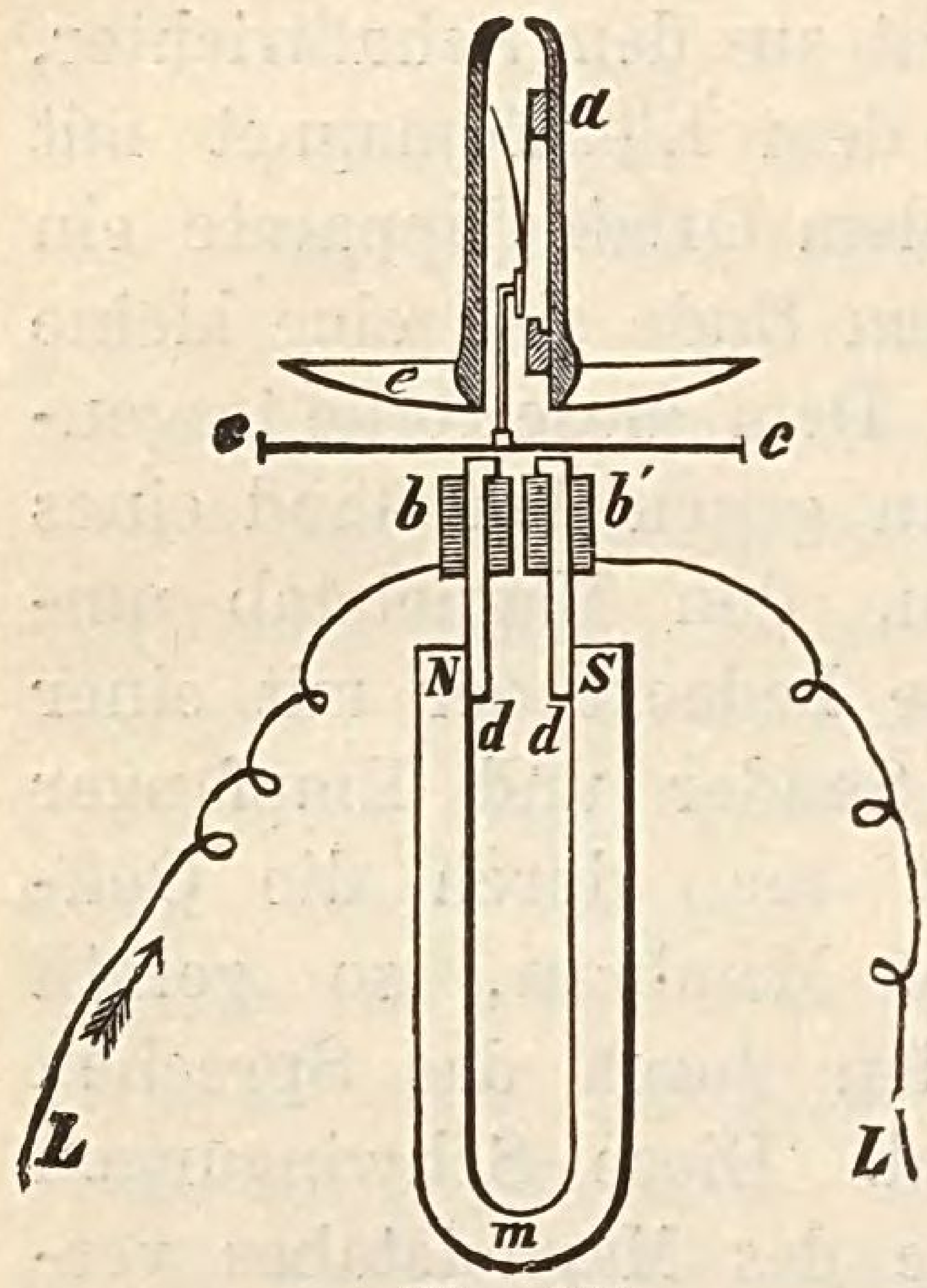
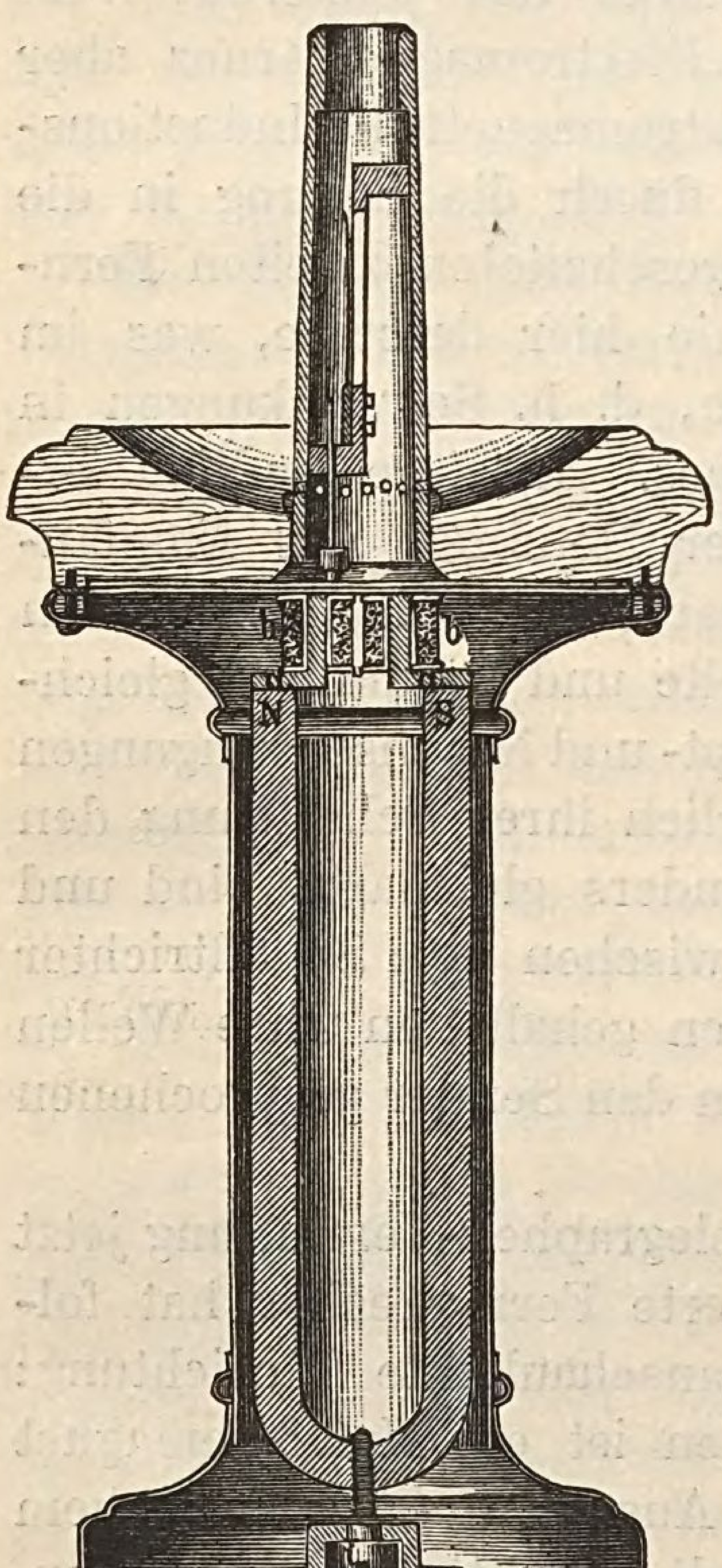


Fig. 120.


Fig. 121.

Soll der Fernsprecher gut functioniren, so ist darauf zu halten, dass die Membran in einer bestimmten, dem Zustande der Leitung angepassten Entfernung von den Elektromagnetpolen verbleibe, in keinem Falle aber auf letzteren

festliege. Die Regulirung des Abstandes der Elektromagnetpole von der Membran bewirkt man durch eine geringe Drehung der in der Nähe des Fusses oder in der Fussplatte des Instrumentes befindlichen Schnittschraube, durch welche der Elektromagnet gehoben oder gesenkt werden kann.

Die Enden der Elektromagnet-Umwindungen* sind entweder durch seitliche Schraubenklemmen oder mittels zweier im Inneren des Gehäuses nach unten geführter Metallstäbe mit den zu einer Schnur zusammengedrehten und durch Seide oder Baumwolle isolirten Zuführungsdrähten verbunden.

Bei Benutzung des Fernsprechers darf man denselben nicht gegen den Mund, bezw. gegen das Ohr pressen, es muss vielmehr zwischen ihm und dem betreffenden Organe ein Zwischenraum bleiben.

Das Mikrophon. — Während der im Vorstehenden beschriebene Fernsprecher Schallwellen und mechanische Wellen in Magneto-Inductionsströme umsetzt, wenden wir uns jetzt zu einem Sprechapparat, bei welchem kurze Batterie- bezw. Volta-Inductionsströme die Schallwellen ersetzen. Das Mikrophon wird hiernach als ein verbessertes Reis'sches Telephon aufzufassen sein.

Wird durch Zerschneiden des Leitungsdrahtes der Stromkreis einer galvanischen Batterie unterbrochen und nähert man dann die beiden Schnittflächen einander bis zu leiser Berührung, so entsteht an der Berührungsstelle ein Uebergangswiderstand, welcher geringer wird, sobald man jene Flächen gegen einander drückt. Als Ursache dieser Veränderung des Uebergangswiderstandes nahm Hughes eine abwechselnde Vermehrung und Verminderung von Contactstellen der sich berührenden Flächen an und fand bei bezüglichen Versuchen, dass besonders Gaskohlenstücke im Stromkreise einer Batterie bei nur wenig stärkerer oder schwächerer Reibung gegeneinander erhebliche Stromschwankungen zu erzeugen vermögen. Auf diesem Versuchsergebniss beruht die Construction des von Hughes construirten Mikrophons, bei welchem ein aus

* Der Gesammtwiderstand der aus 0,10 mm starkem, mit weisser Seide umsponnenem Kupferdraht bestehenden Elektromagnet-Umwindungen beträgt etwa 200 *S. E.*

Gaskohle geformter Stab *A* (Fig. 122) mit seinen beiden zugespitzten Enden in den Höhlungen zweier an einem Resonanzboden befestigten Kohlenstückchen *C* liegt. Die mit letzteren verbundenen Drähte *x* und *y* bilden den Schliessungsbogen einer Batterie, in welchen gleichzeitig ein Telephon als Hörapparat geschaltet ist.

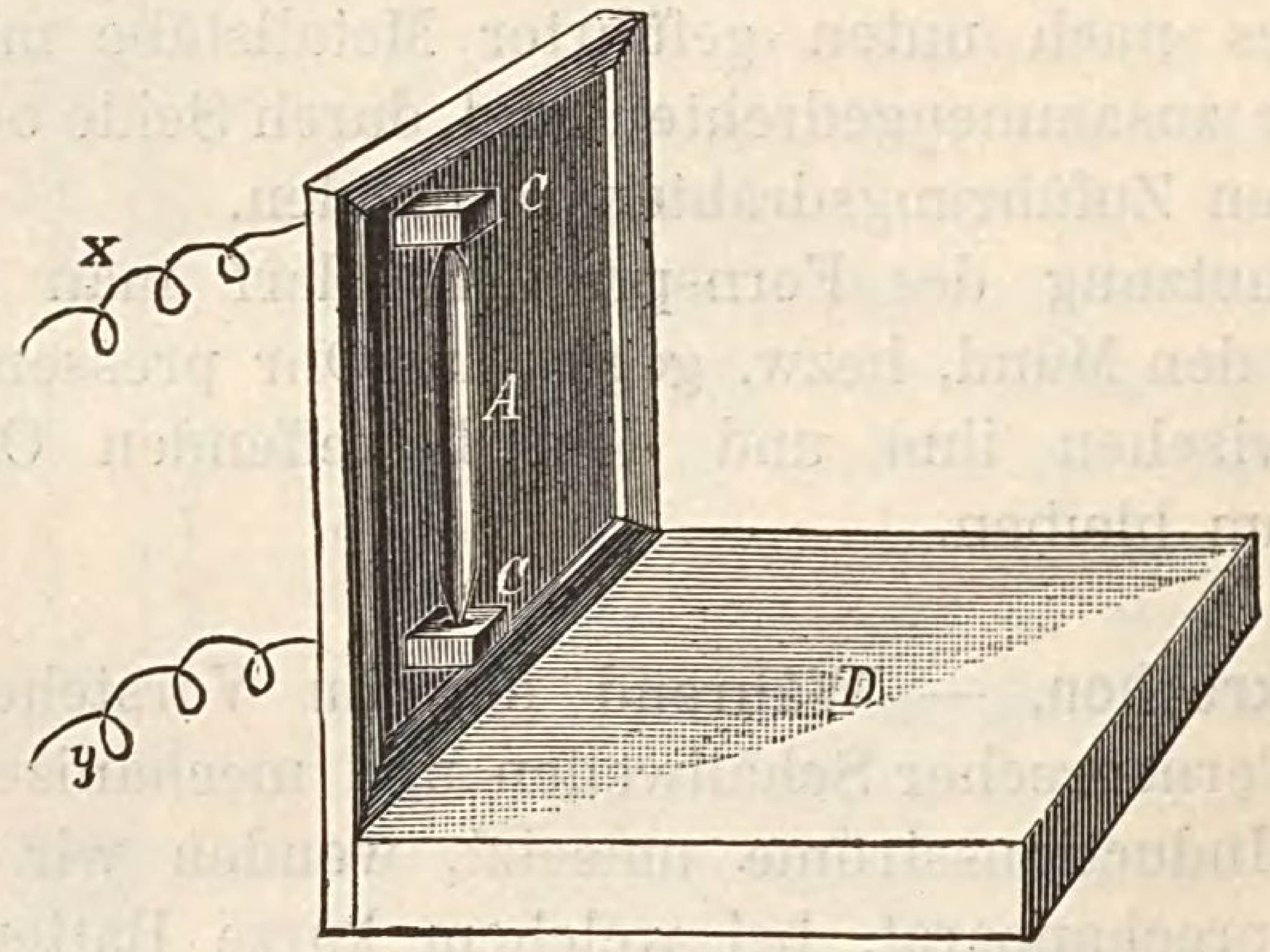


Fig. 122.

Beim Sprechen gegen den Resonanzboden erleiden — in Folge der hierdurch erzeugten Schwingungen desselben — die Uebergangswiderstände zwischen *A* und *CC* und gleichzeitig der in der Leitung *x*—*y* circulirende Strom Veränderungen, welche der Hörapparat in Schallwellen umsetzt.

Die Aenderungen des Uebergangswiderstandes im Mikrophon sind indessen nicht bedeutend genug, um bei grösserem Leitungswiderstande in erforderlicher Weise zur Geltung gelangen zu können. Man schaltet deshalb in den Stromkreis der Batterie zwischen letztere und das Mikrophon die primäre Rolle eines kleinen Inductionsapparates, während der Draht der secundären Rolle mit der Leitung und den Empfangsapparaten in Verbindung gebracht wird. Da der Widerstand der primären Rolle ein sehr geringer ist, so bewirken die im Mikrophon erzeugten Veränderungen des Uebergangswiderstandes verhältnissmässig starke Schwankungen des die primäre Rolle durchfliessenden Stromes. Dieselben erregen in der secundären Rolle entsprechend kräftige Inductionsströme, welche durch die Leitung zum Hörapparat gelangen.

Nach vorstehend erläutertem Princip sind Mikrophone verschiedenster Einrichtung hergestellt worden. Die einzelnen Systeme unterscheiden sich hauptsächlich durch die Anordnung der Kohlencontacte.

Beim Mikrophon von Bell-Blake (s. Fig. 123) ist der veränderliche Uebergangswiderstand durch ein an der Feder *r*

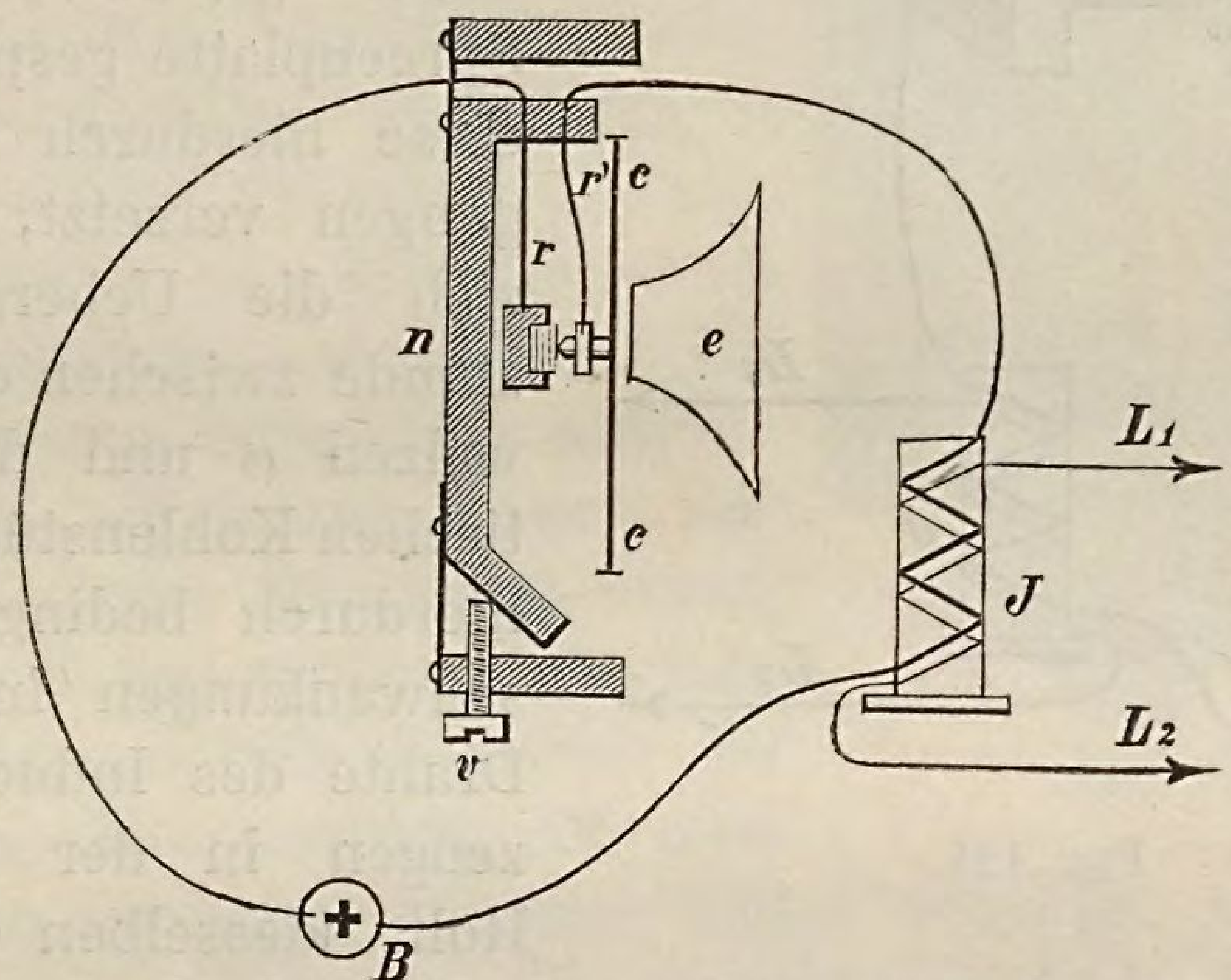


Fig. 123.

befestigtes Kohlenstück und durch einen von der Feder *r'* getragenen, das Kohlenstück leicht berührenden Platinstift gebildet. Letzterer legt sich ausserdem mit geringem Druck gegen die Membran *cc* aus Eisenblech oder Holz, welche im Grunde eines Schalltrichters angebracht ist.

Um Nebengeräusche zu verhüten, ist die Membran an ihrem Rande in Gummi gefasst.

Das Metallstück *n*, an welchem die beiden mit den Zuführungs-Drähten zur Batterie und zur primären Rolle des Inductors *J* verbundenen Federn *r* und *r'* von einander isolirt befestigt sind, ist beweglich und kann mittels der Stellschraube *v* gehoben oder gesenkt und — da die Schraube *v* gegen eine schiefe Ebene wirkt — zugleich etwas seitlich bewegt werden. Hierdurch erhält der Platinstift ein mehr oder minder festes Lager gegen die Membran und gleichzeitig auch gegen den Kohlencontact.

Das Mikrophon von Ader besteht aus einem viereckigen Kästchen mit schräg (pultartig) aufgelegter dünner Sprechplatte aus Holz. An der Rückseite der letzteren ist das Contact-

system befestigt. Dasselbe (s. Fig. 124) besteht aus zwei etwa 3 cm von einander stehenden prismatischen Kohlenstücken *b*, zwischen denen in entsprechenden Durchbohrungen 4 oder 5 Kohlenwalzen *a* mit ihren Zapfen lose liegen. — Wird gegen die schräge Sprechplatte gesprochen und diese hierdurch in Schwingungen versetzt, so ändern sich die Uebergangswiderstände zwischen den Kohlenwalzen *a* und den prismatischen Kohlenstücken *b*. Die hierdurch bedingten Stromschwankungen im primären Drahte des Inductors *J* erzeugen in der secundären Rolle desselben Inductionsströme, welche in die Leitungen L_1 und L_2 bezw. in eine Leitung und zur Erde abfliessen.

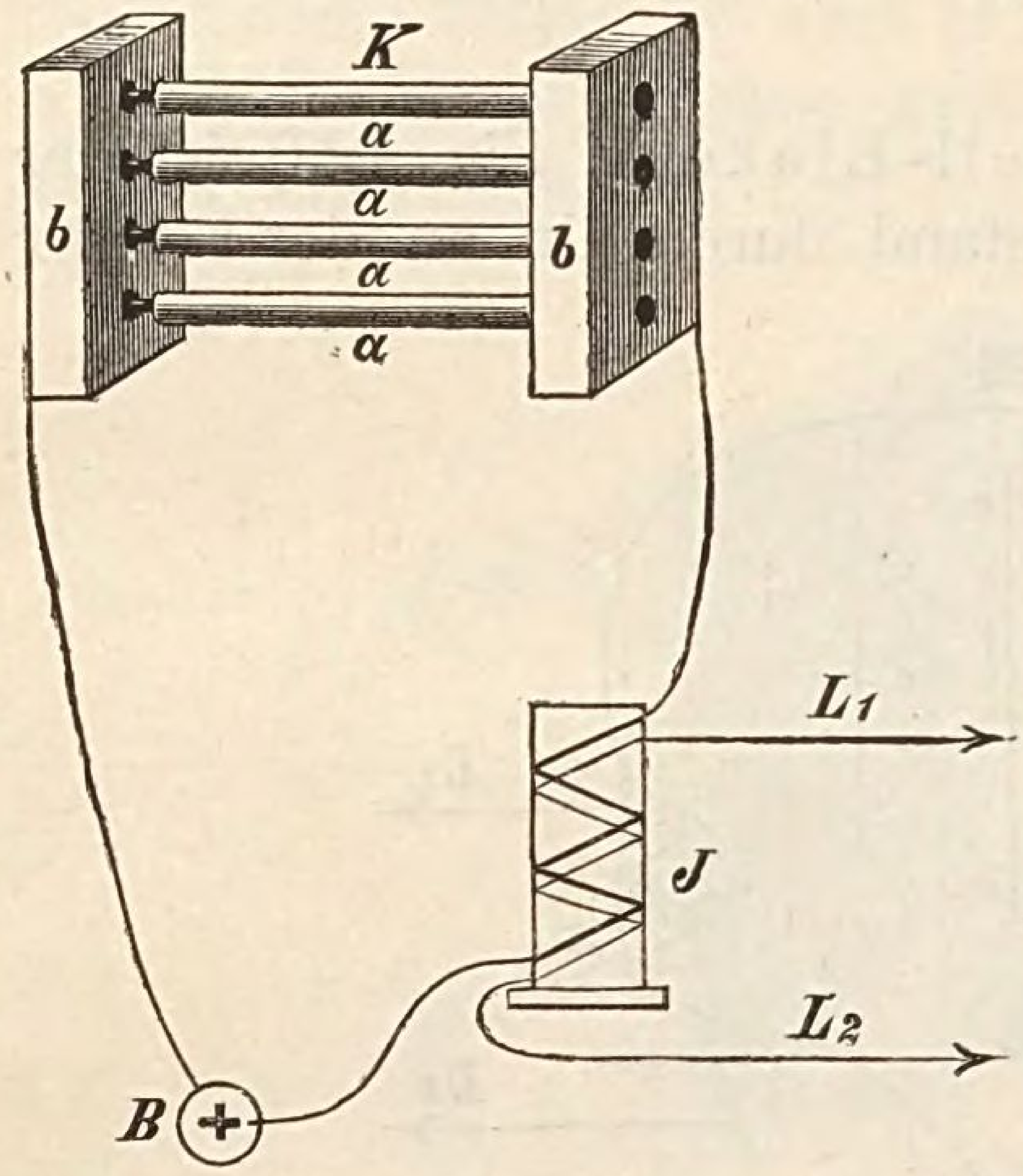


Fig. 124.

Das Mikrophon mit Dämpfung von Mix und Genest hat die aus Fig. 125 und 126 ersichtliche Einrichtung: Eine Membran *M* aus Tannenholz liegt hinter dem Holzmundstück *T* in einer Vertiefung des mit vier Schrauben r_1 bis r_4 auf letzterem befestigten gusseisernen Rahmens *R*. Auf der Membran sind die beiden Kohlenhalter *b* befestigt. Dieselben nehmen in ihren Lagern die Kohlenwalzen *k* auf. Um einer zu grossen Beweglichkeit der letzteren und hierdurch bedingten schnarrenden Nebengeräuschen vorzubeugen, ist quer über die Walzen eine Blattfeder *f* mit den Regulirschrauben *s* und s_1 gelegt und an

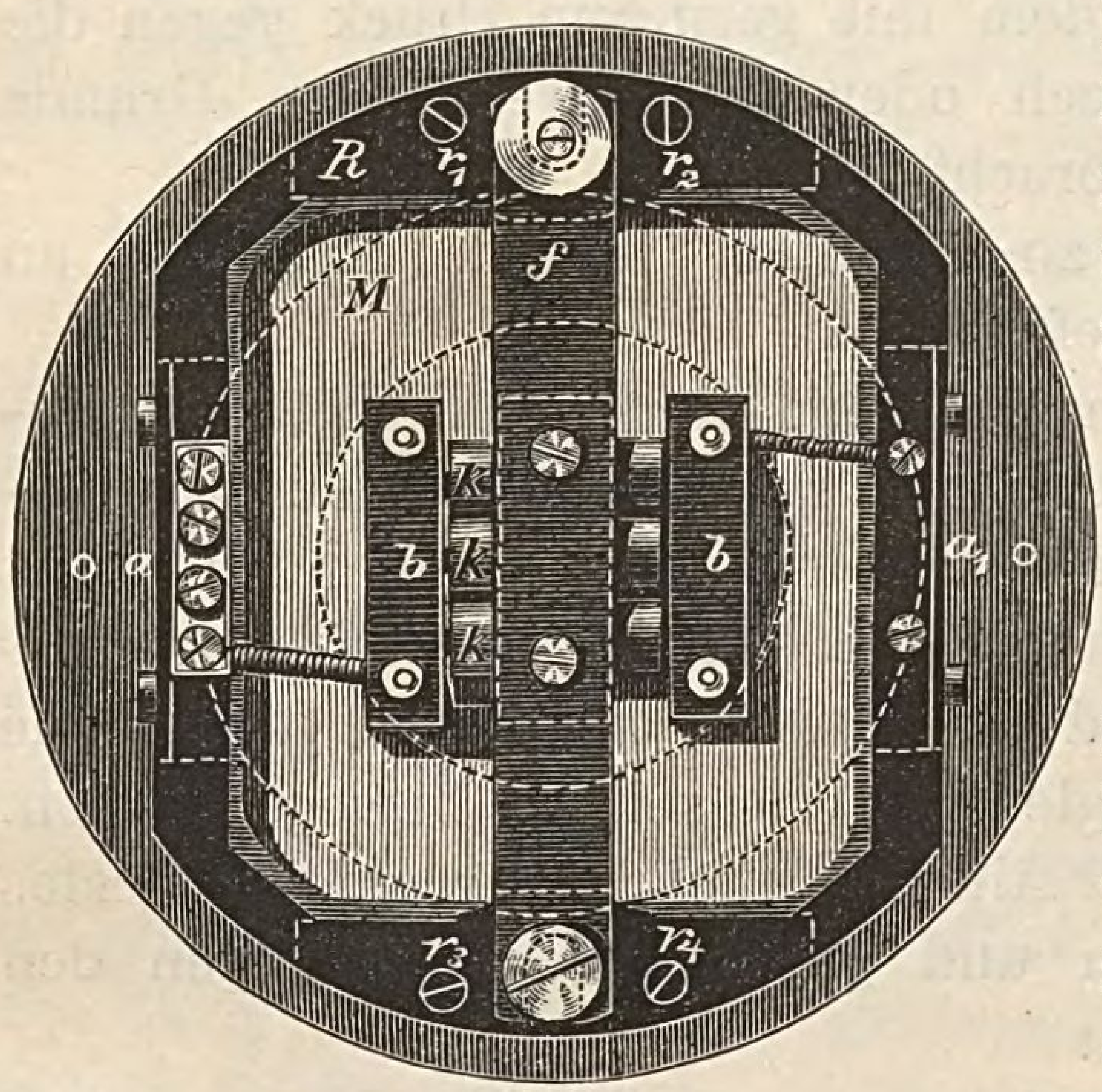


Fig. 125.

derselben ein weicher elastischer Filzstreifen *d* befestigt, welcher schwach gegen die Kohlenwalzen drückt.

Bei den neueren Mikrophonen wird die Dämpfung durch schmale Metallfedern bewirkt. Die Blattfeder *f* ist zu diesem Zweck aus zwei Theilen hergestellt, welche von den Schraubenmuttern *s* und s_1 gehalten werden und mit den inneren freien Enden durch Schrauben an einer Ebonitplatte befestigt sind. Letztere ist in ihrer Längsrichtung mit einem Schlitz versehen, durch welchen drei Schrauben greifen. Dieselben dienen zur Befestigung dreier Messingstückchen an der den Kohlenwalzen gegenüber liegenden Seite der Ebonitplatte. An jedem dieser Messingstücke ist eine gerade oder gebogene schmale Feder befestigt, welche sich mit ihrem freien Ende an die gegenüberliegende Kohlenwalze leicht anlegt.

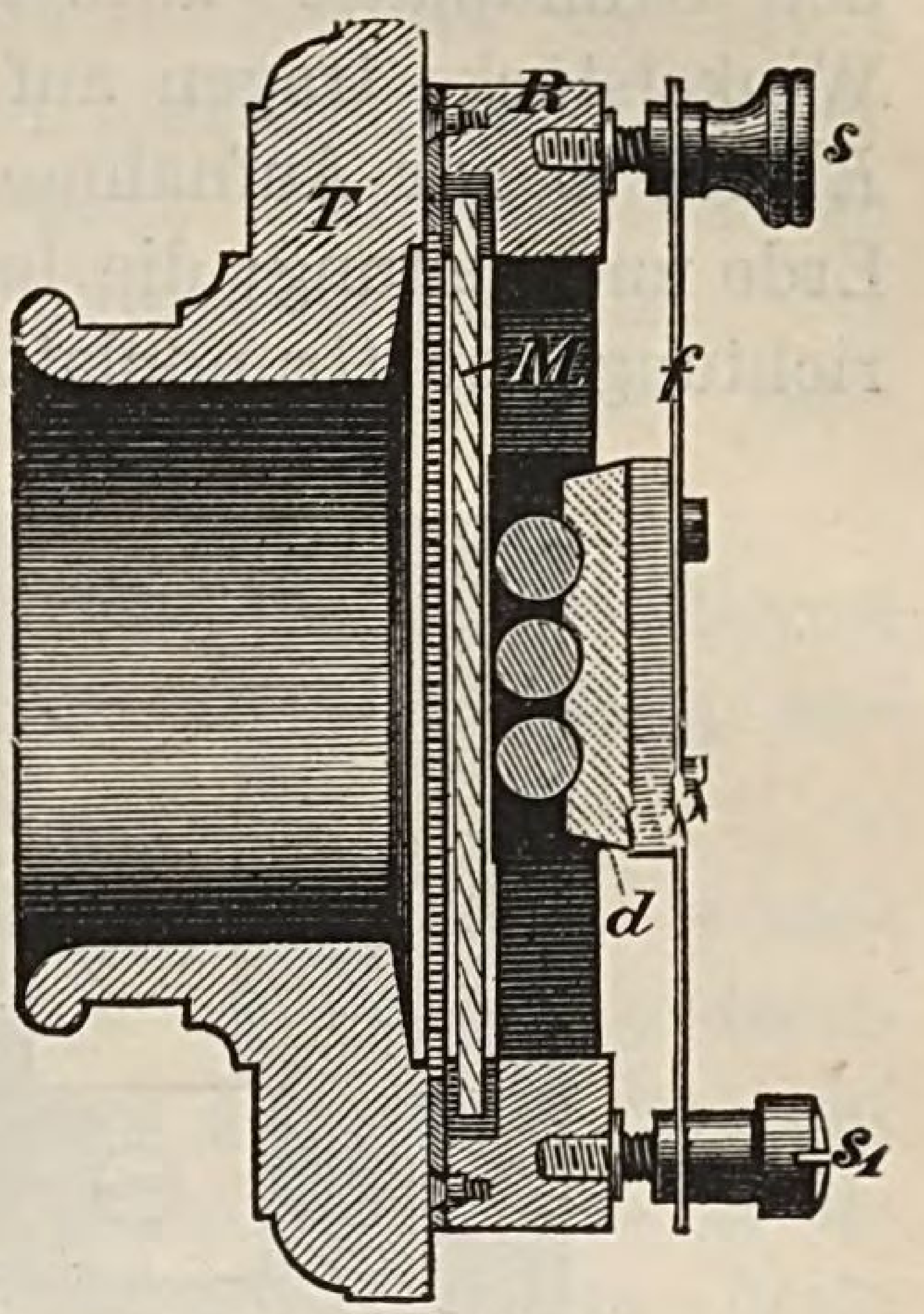


Fig. 126.

Durch die Schraubenmutter *s* lässt sich die Dämpfungsvorrichtung (Filzdämpfung oder Federdämpfung) leicht reguliren.

Von den aus der grossen Anzahl derartiger Systeme im Vorstehenden beschriebenen Mikrophonen findet das letztere wegen seiner vorzüglichen und in Folge der Dämpfung von Nebengeräuschen, wie sie sonst durch die Reibung der Kohlencontacte erzeugt werden, freien Lautübertragung weitgehende Verwendung. Auch in der Deutschen Reichs-Telegraphenverwaltung wird dasselbe nicht mehr allein für Stadt-Fernsprecheinrichtungen und besondere Anlagen, sondern nunmehr auch für den allgemeinen Verkehr benutzt. Seine Verbindung mit den übrigen, zu einem Fernsprechsystem gehörigen Apparaten wird im nächstfolgenden Abschnitt besprochen werden.

Der Spindelblitzableiter. — Zur Sicherung des Fernsprechsystems gegen die zerstörende Einwirkung der Gewitterelektricität schaltet man vor die Apparate, d. h. zwischen dieselben und die Leitung die in Fig. 127 und 128 dargestellte Schutzvorrichtung, den Spindelblitzableiter: Auf der Grundplatte *G*

sind die drei winkelförmigen Messingstücke *a*, *b* und *c* durch je eine Holzschraube und zwei Stellstifte befestigt. Die auf der Grundplatte aufliegenden wagerechten Schenkel dieser Winkelstücke tragen auf ihren Enden die Klemmschrauben *A*, *E* und *L* zur Aufnahme der Verbindungsdrähte mit Apparat, Erde und Leitung; die lothrechten Schenkel sind in der Längsrichtung der Grundplatte für die Aufnahme der sogenannten

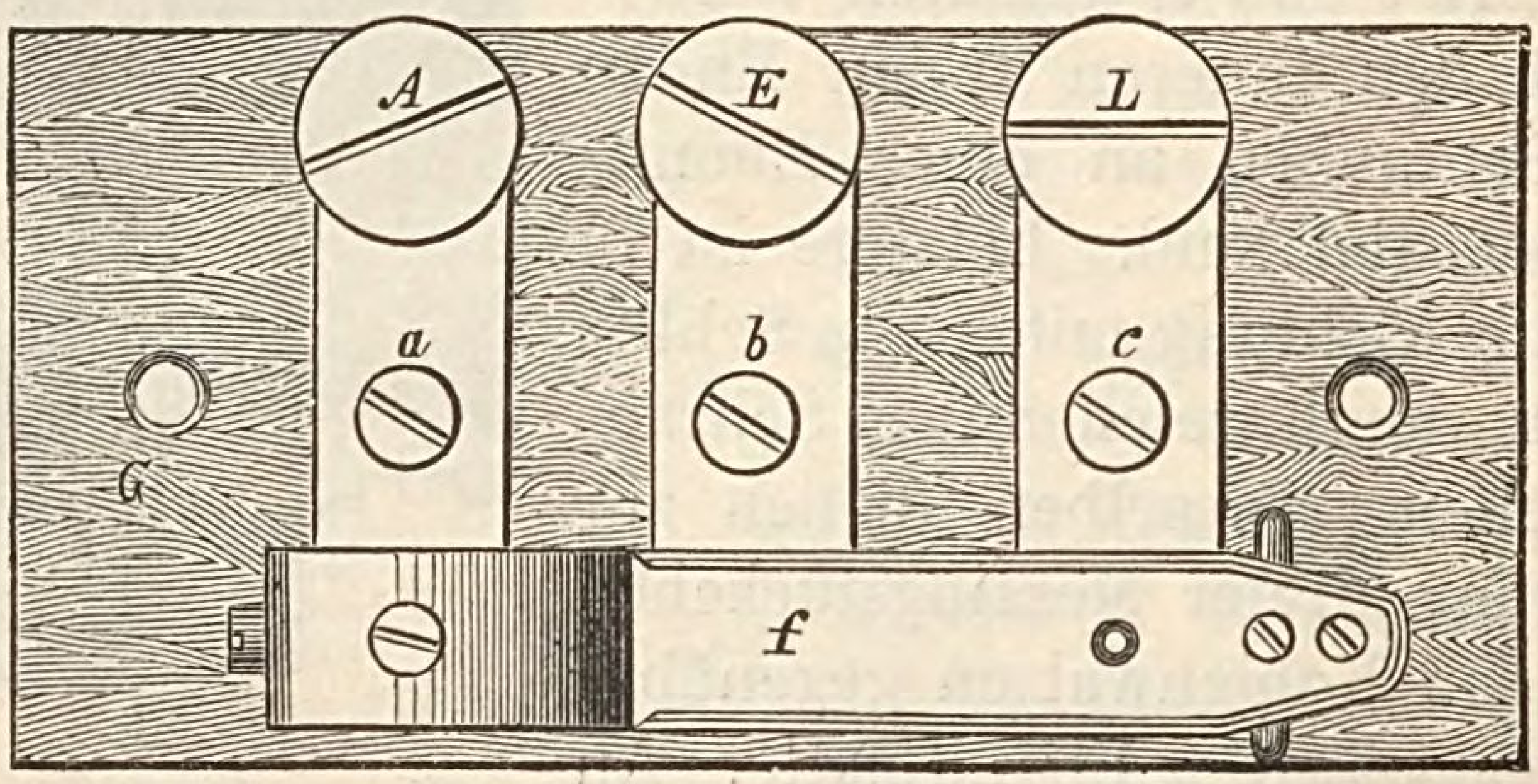


Fig. 127.

Spindel durchbohrt. Letztere besteht aus den oben abgeflachten, auf einen Stahlstift gelötheten Messingcylindern *m*, *n* und *o*, welche durch die Ebonithülsen *h* und h_1 von ein-

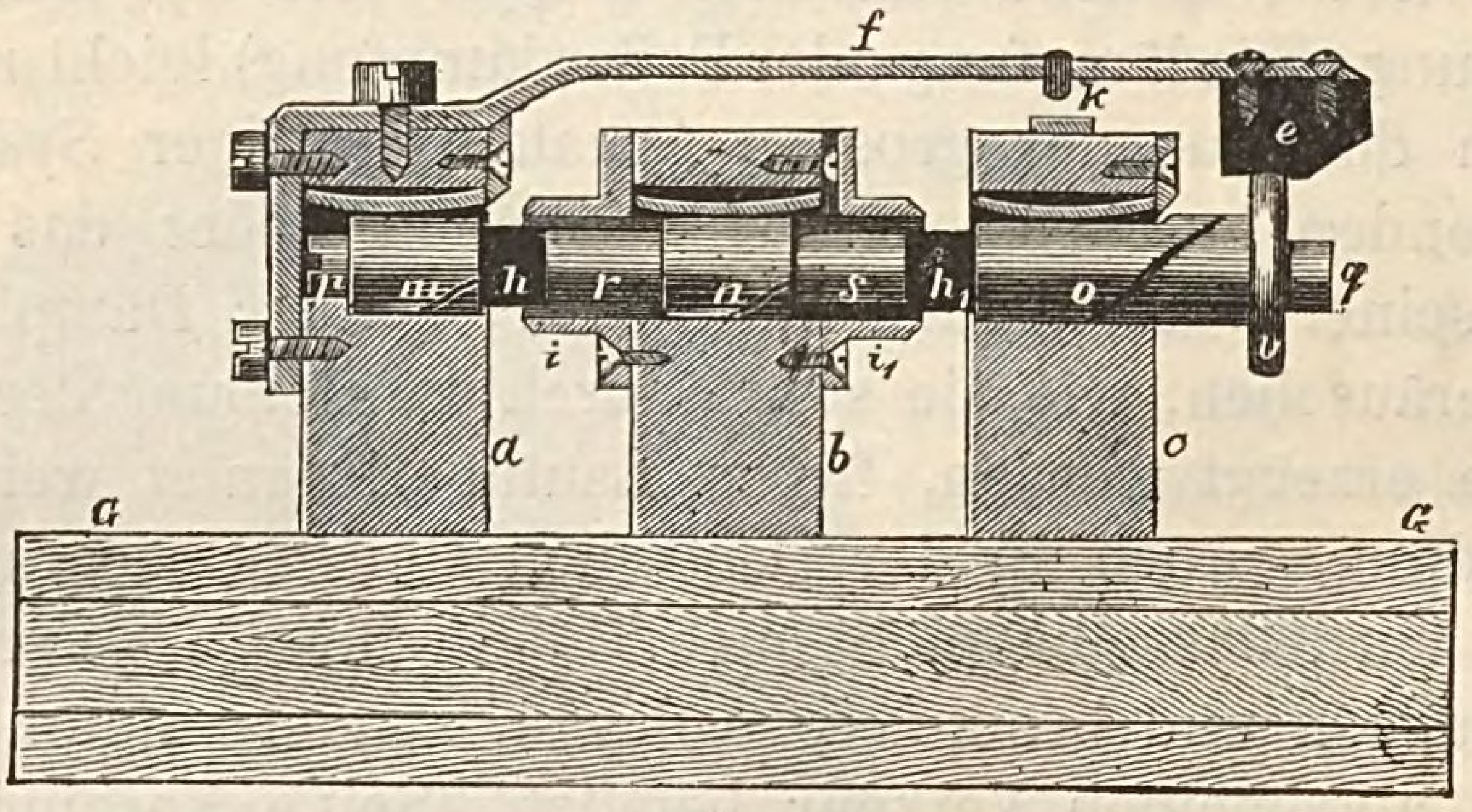


Fig. 128.

ander isolirt sind. Die an ihrer inneren Seite behufs Aufnahme der Ebonithülsen *h* und h_1 entsprechend ausgebohrten Cylinder *m* und *o* tragen an ihren freien Enden je eine Schraube. — Die Zapfen *r* und *s* des Metallcylinders *n* sind mit durch eine Seidenumspinnung isolirtem Kupferdraht von 0,2 mm Stärke umwickelt. Derselbe setzt sich in den spiralförmigen Nuten der drei Cylinder *m*, *n* und *o* bis zu den Enden der

Spindel fort. Hier werden seine blank geschabten Enden einerseits zwischen den Cylinder *o* und die messingene Unterlagsscheibe *v*, anderseits durch die Schraube des Cylinders *m* gegen letzteren geklemmt. Während hierdurch die Cylinder *m* und *o* in leitende Verbindung gebracht sind, isoliren die Ebonithülsen *h* und h_1, sowie die Seidenumspinnung des Drahtes in normalem Zustande den mittleren Cylinder vollständig.

Zum Schutze der Drahtwindungen sind an dem mittleren Messingstücke *b* noch die beiden Messinghülsen *i* und i_1 angebracht.

Die auf den lothrechten Theil des Messingstückes *a* aufgeschraubte starke Messingfeder *f* trägt an ihrem vorderen Ende ein abgeschrägtes Ebonitstück *e* und gegenüber dem auf das Messingstück *c* aufgelötheten Platincontacte einen ebensolchen Contact *k*. Diese Messingfeder wird, indem beim Einschieben der Spindel das Ebonitstück *e* auf die Unterlagscheibe *v* gleitet, mit ihrem Contacte *k* von dem Metallstücke *c* abgehoben.

Ein aus der Leitung kommender Strom nimmt seinen Weg über die Schiene *c*, die in die Höhlung ihres lothrechten Schenkels gelegte und mit dem Cylinder *o* eine sichere Verbindung herstellende Blattfeder zu dem genannten Cylinder und weiter durch den mit Seide umsponnenen Kupferdraht zum Cylinder *m*, wo wiederum eine in die Höhlung von *a* eingelegte Blattfeder die leitende Verbindung zu dem Messingstücke *a* sichert und endlich über letzteres in die Umwindungen des Fernsprechers zur Erde, bezw. in die Fortsetzung der Leitung. Starke Entladungen atmosphärischer Elektricität aber schmelzen den Kupferdraht oder verbrennen wenigstens die ihn isolirende Seide, so dass jener mit den Zapfen *r* und *s*, auf welche er gewickelt ist, in leitende Verbindung tritt. Der atmosphärischen Elektricität ist dann entweder der Weg zum Fernsprecher abgeschnitten oder es hat sich für sie ein neuer Weg über den Cylinder *n*, dessen leitende Verbindung mit dem Messingstücke *b* ebenfalls eine in die Höhlung desselben gelegte Blattfeder sichert, und das Messingstück *b* zur Erde gebildet.

Da jetzt aber auch der Stromkreis für die Fernsprechcorrespondenz unterbrochen ist, muss die durch Zerstörung

des Drahtes unwirksam gewordene Spindel zum Zwecke neuer Umwickelung aus der Vorrichtung entfernt werden. Hiernach senkt sich die Messingfeder, und ihr Platincontact *k* tritt mit dem Contacte des Messingstückes *c* in leitende Verbindung, wodurch die Leitung zum Fernsprecher wieder hergestellt ist.

Der Spindelblitzableiter ist übrigens seiner Construction nach zum Schutze gegen sehr starke Entladungen nicht ausreichend; es wird deshalb vor denselben oft noch ein Plattenblitzableiter in die Leitung geschaltet. Ersterem bleibt dann nur die Aufgabe, dem Ueberschusse atmosphärischer Elektricität, welchen letzterer nicht abzuleiten vermochte, den Weg zu den sehr dünnen und deshalb leicht schmelzbaren Umwindungsdrähten des Fernsprechers abzuschneiden.

Fernsprechwecker. — Die Anrufe mittels der bereits erwähnten Fernsprechpfeife sind nur dann ausreichend, wenn sich die zu rufenden Personen mit dem Apparate stets in demselben Zimmer befinden. Ist dies nicht der Fall, dann sind als Fernsprechwecker elektromagnetische Glocken, welche entweder mittels Batteriestromes oder durch einen Magnetinductor in Thätigkeit gesetzt werden, in den Stromkreis des Fernsprechers zu schalten.

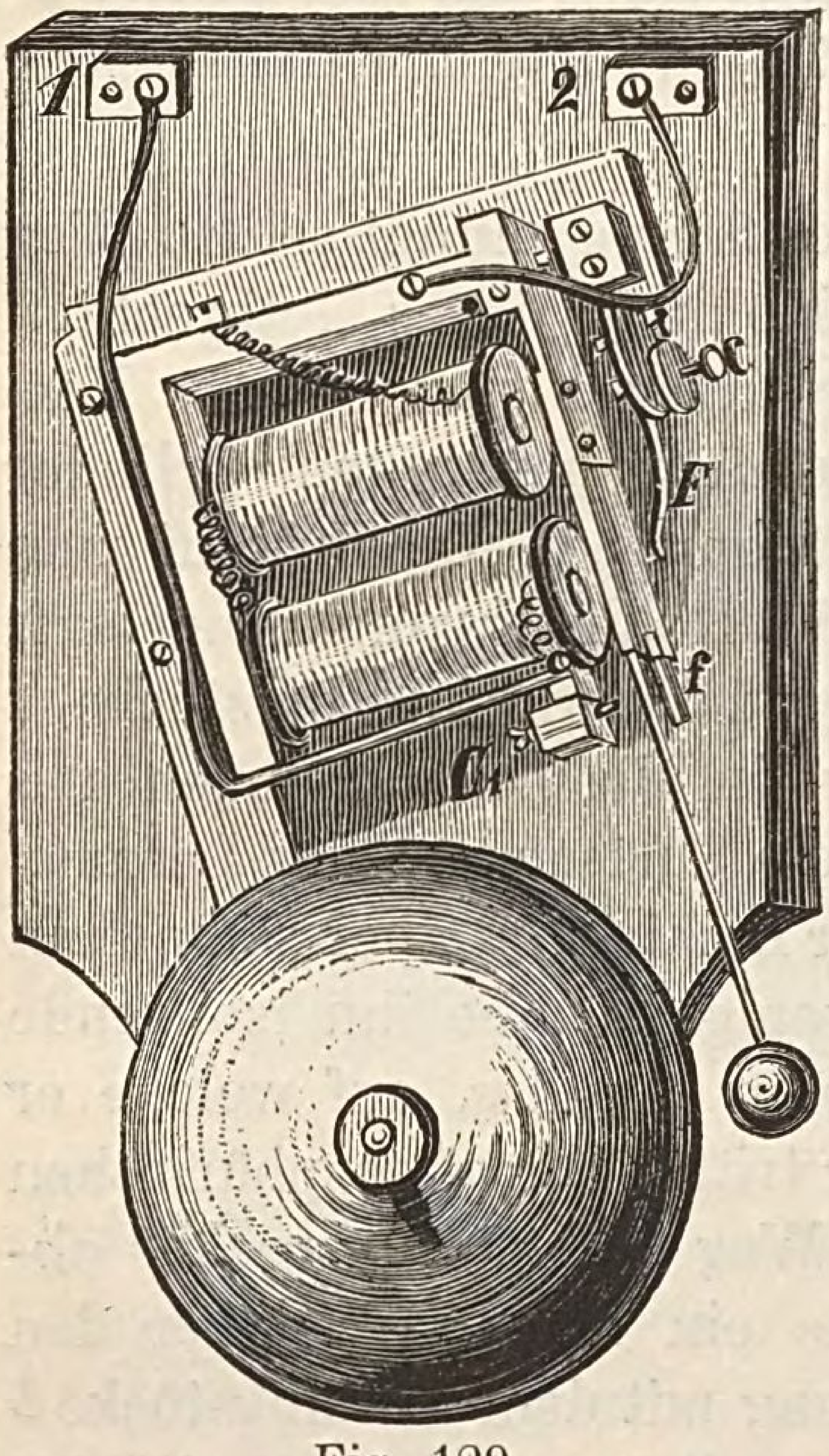


Fig. 129.

Der in der Deutschen Reichs-Telegraphen - Verwaltung für diesen Zweck eingeführte Fernsprechwecker besteht (s. Fig. 129) aus einem auf das Grundbrett geschraubten Gusseisenwinkel, dessen einer Schenkel den Elektromagnet trägt, während auf dem Ende des anderen Schenkels eine als Ankerträger dienende Blattfeder befestigt ist. Die weiteren Bestandtheile sind der von der Blattfeder getragene bezw. durch die federnde Kraft derselben von den

Elektromagnetpolen in angemessener Entfernung gehaltene Anker mit dem Glockenhammer, die Contactvorrichtung und die Glocke.

Die Metallwinkel für die Contactfeder F und die Contactschraube c_1 sind von dem Körper des Weckers isolirt; letztere aber steht einerseits mit der Klemmschraube 1, anderseits mit einem Umwindungsende der Elektromagnetrollen in leitender Verbindung.

Das andere Ende der Elektromagnet-Umwindungen liegt am Gusseisenwinkel, von welchem ausserdem eine Drahtverbindung zur Klemmschraube 2 führt.

Mit dem Contacte c_1 correspondirt die dünne Stahlfeder f am Anker. Die über letzterem liegende und durch die Schraube c regulirbare Contactfeder F hat bei der erwähnten Verbindungsweise nur den Zweck, die Bewegung des Ankers zu begrenzen. Ein bei 2 eintretender Strom gelangt über den Gusseisenwinkel durch die Elektromagnet-Umwindungen zum Winkel des Contactes c_1 und fliesst von hier über 1 zur Erde ab; die Elektromagnetkerne ziehen den Anker an, wobei die Feder f die Spitze der Contactschraube c_1 berührt. Hierdurch werden die Elektromagnetrollen aus dem Stromkreise ausgeschlossen, der Strom findet einen kürzeren Weg von 2 über den Gusseisenwinkel, den Anker, die Feder f, den Contact c_1 und die Klemmschraube 1 zur Erde. Sobald in Folge dessen der Anker von den entmagnetisirten Kernen freigegeben wird, und die Feder f sich vom Contacte c_1 entfernt, durchfliesst der Strom wiederum die Elektromagnetrollen, der Anker wird von Neuem angezogen u. s. w. Jede Ankeranziehung bedingt ein Anschlagen des Hammers gegen die Glocke.

Verlegt man den von der Klemmschraube 2 an den Gusseisenwinkel geführten Draht von letzterem an den Winkel der Feder F, dann arbeitet der Wecker, wie die auf S. 195 beschriebene Vorrichtung mit Stromunterbrechung. Die Contactschraube c_1 ist bei letzterer Anordnung zu entfernen oder soweit zurückzuschrauben, dass sie von der Feder f niemals berührt werden kann.

Da von mehreren in einen Stromkreis geschalteten Weckern mit Stromunterbrechung jeder einzelne den Stromkreis öffnet und schliesst, so kann ein gleichmässig gutes Functioniren

jener Wecker nur erzielt werden, wenn ihre Anker gleichzeitig angezogen und freigelassen werden. Da dies aber auch durch die sorgfältigste Regulirung nicht zu erreichen ist, so wird der Wecker mit Stromunterbrechung für Leitungen mit mehreren Weckstationen nicht verwendbar sein; an die Stelle desselben muss dann der Wecker mit Nebenschliessung treten, dessen Verbindungen Fig. 129 zeigt.

Die Elektromagnet-Umwindungen der Fernsprechwecker sind aus 0,18 mm starkem, mit weisser Seide umsponnenen Kupferdraht hergestellt. Jede Rolle hat etwa 2300 Umwindungen und 80 bis 100 *S. E.* Widerstand.

Neunter Abschnitt.

Apparat-Verbindungen.

(Stromläufe.)

Zur beliebigen Umleitung und Aenderung der Richtung des elektrischen Stromes, sowie zur Verbindung einzelner Theile des Stromkreises für bestimmte Zwecke dienen die Stromwender (Commutatoren) und die Umschalter.

Stromwender (Commutator). — Mit der Einschaltung eines Stromwenders ermöglicht man ohne Aenderung der Drahtverbindungen die Umkehrung des Stromes in dem betreffenden Leiter.

Die Construction dieser Apparate ist verschieden. Hier sollen aber nur diejenigen beschrieben werden, welche für

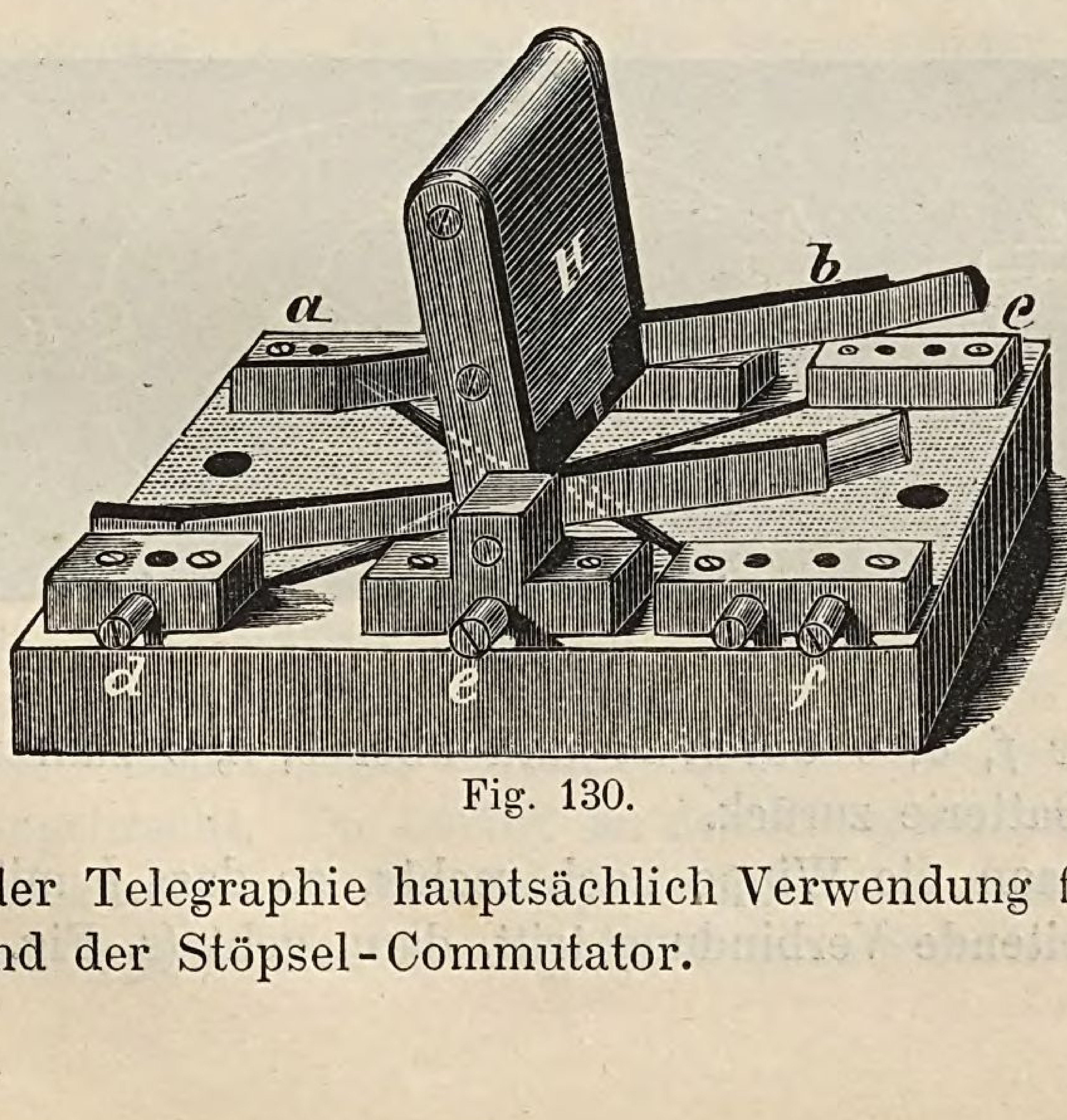


Fig. 130.

Zwecke der Telegraphie hauptsächlich Verwendung finden: die Wippe und der Stöpsel-Commutator.

Die Wippe (Fig. 130) besteht aus den sechs Metallstücken *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, welche auf eine hölzerne Grundplatte aufgeschraubt sind. Die mittleren *b* und *e* tragen die Axlager für ein Hebelsystem, welches sich aus zwei Metallbalken und aus der beide von einander isolirenden Handhabe *H* aus Elfenbein zusammensetzt. Durch sich kreuzende, im Kreuzungspunkte aber von einander isolirte Kupferdrähte werden die Metall-

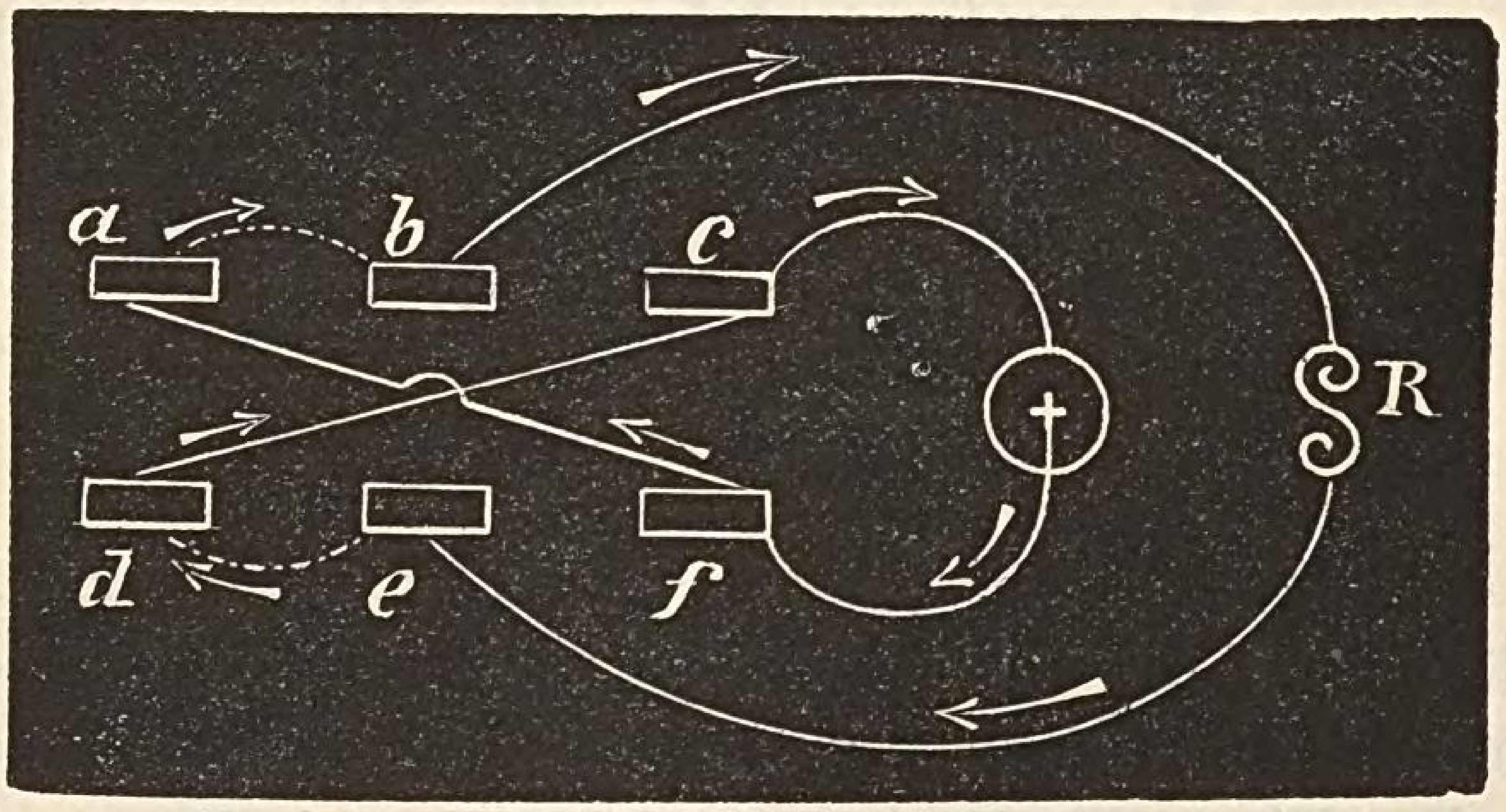


Fig. 131.

stücke *a* mit *f* und *d* mit *c* leitend verbunden. Liegt die Wippe nach links, dann tritt ausserdem *b* mit *a* und *e* mit *d* in leitende Verbindung. Ist nun die Batterie mit *c* und *f*, die Elektromagnetspirale eines Relais *R* (oder ein anderer Leiter) mit *b* und *e* verbunden, dann geht der positive Strom, wie aus Fig. 131 ersichtlich, in der Richtung der beigezeichneten

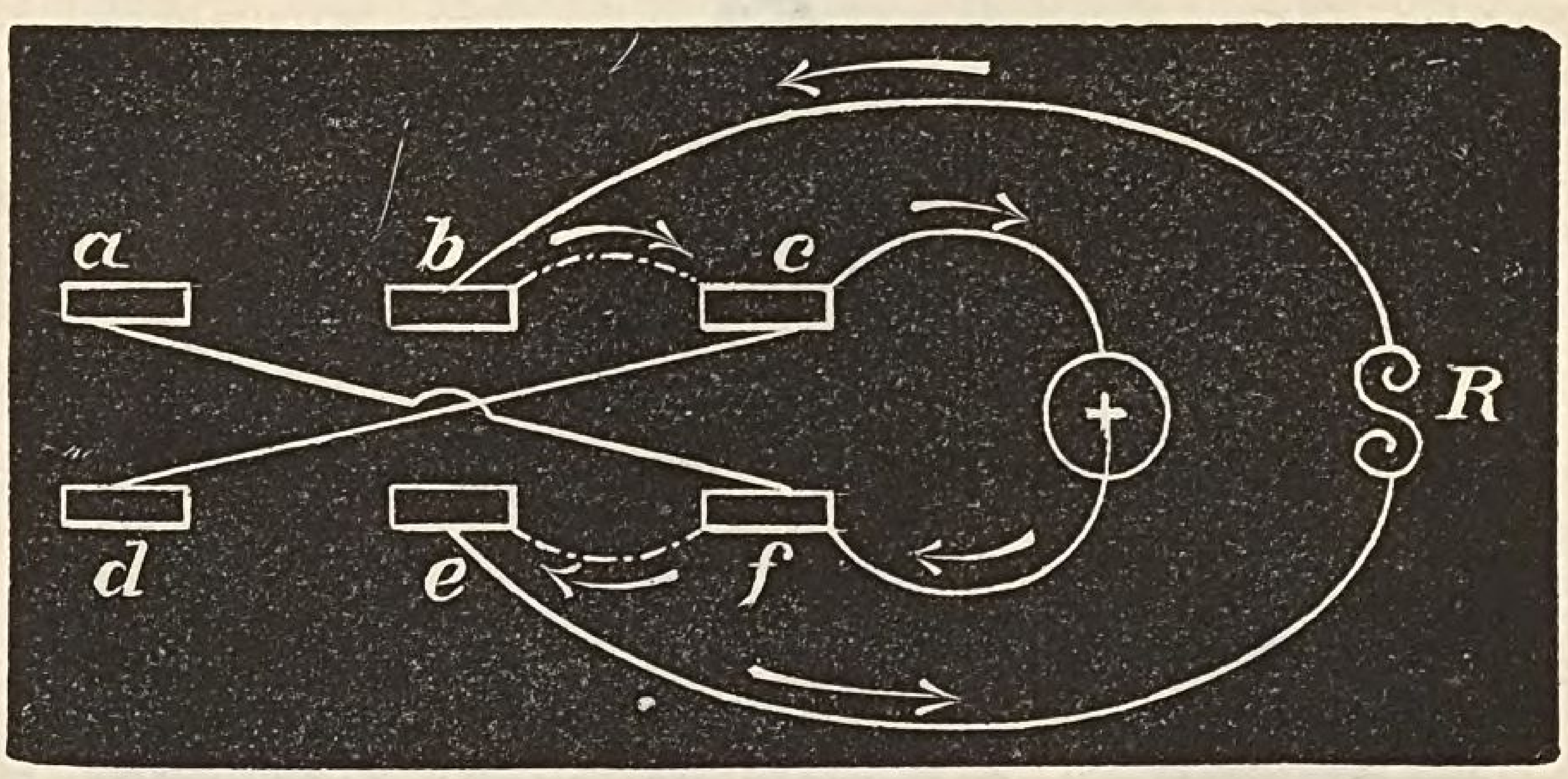


Fig. 132.

Pfeile über *f*, *a*, *b* durch *R* und über *e*, *d*, *c* zum negativen Pole der Batterie zurück.

Legt man die Wippe nach rechts, so dass *b* mit *c* und *e* mit *f* in leitende Verbindung tritt, dann geht (s. Fig. 132) der

positive Strom in entgegengesetzter Richtung über *f*, *e* durch *R* und über *b*, *c* zur Batterie zurück.

Soll dieser Stromwender gut functioniren, so ist vor Allem für die Reinheit der sich berührenden Flächen Sorge zu tragen.

Der Stöpsel-Commutator besteht aus vier auf eine hölzerne Unterlage geschraubten und von einander isolirten Metallstücken *a*, *b*, *c* und *d* (s. Fig. 133). Die Löcher 1, 2, 3 und 4 dienen zur Aufnahme von Metallstöpseln, welche die Metallstücke leitend mit einander verbinden.

Die Batterie-Pole und die Enden des Leiters, in welchem die Richtung des Stromes umzukehren ist, sind an die diagonal gegenüberstehenden Klemmen gelegt. Wird Loch 1 und 4 gestöpselt und so *a* mit *b* und *c* mit *d* leitend verbunden, dann geht der positive Strom von *d* nach *c*, durch den Leiter *L* und über *b* und *a* zum negativen Batterie-Pole.

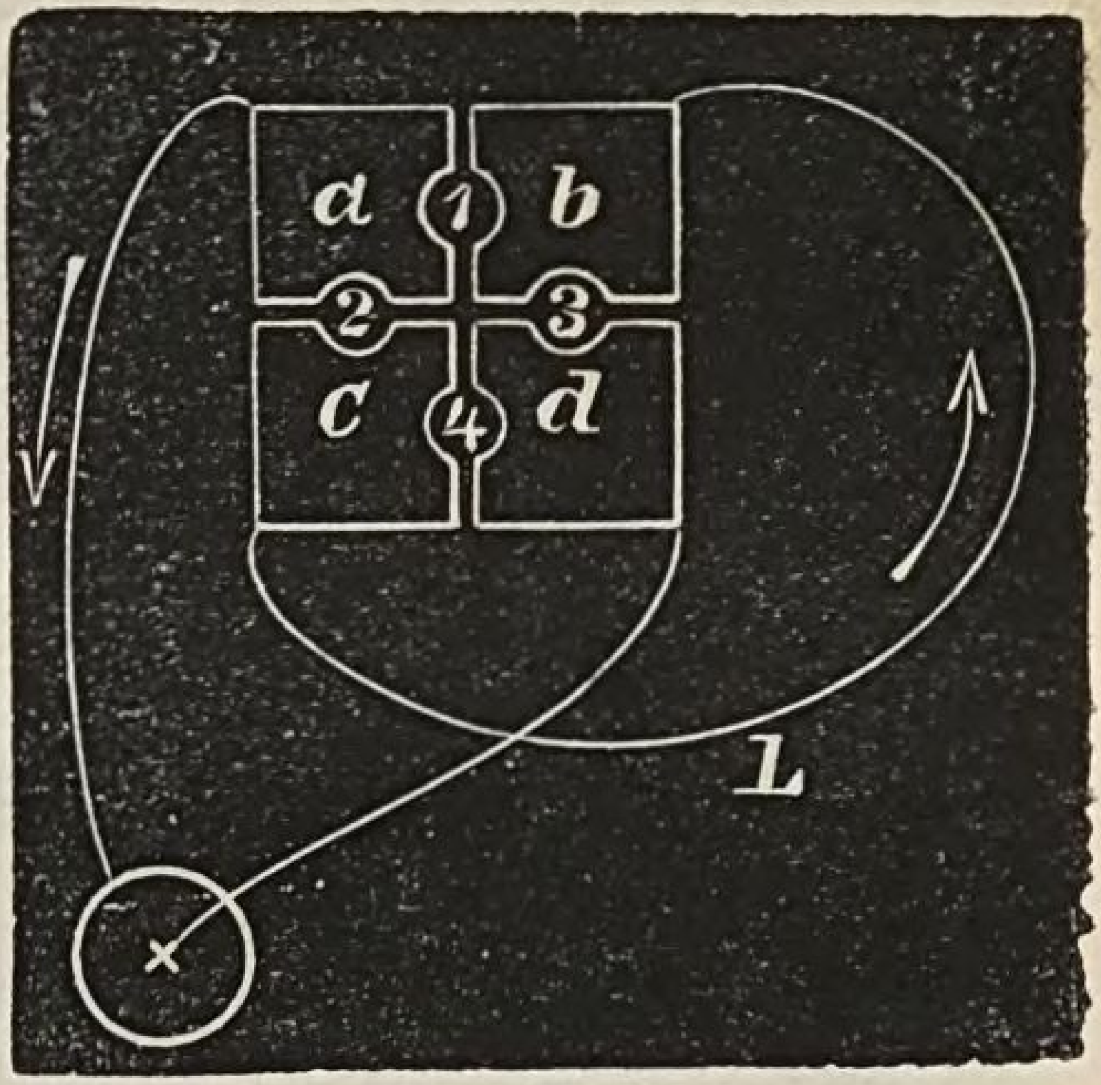


Fig. 133.

Sind die Löcher 2 und 3 gestöpselt und ist dadurch *d* mit *b* und *a* mit *c* leitend verbunden, dann tritt der positive Strom bei *b* in den Leiter und bei *c* aus demselben.

Umschalter. — Während die Stromwender es möglich machen, die Stromesrichtung in einem Leiter umzukehren, dienen die Umschalter dazu, den Strom abwechselnd durch verschiedene Wege zu leiten oder Stromleitungen mit einander zu verbinden.

Auf grösseren Aemtern, wo viele Leitungen mit ihren Apparaten und unter sich zu verbinden sind, findet der Umschalter Nr. I (Linien-Umschalter) Verwendung (s. Fig. 134).

Auf ein quadratisches Grundbrett ist zunächst eine Anzahl horizontaler Messingschienen in geringen Zwischenräumen von einander aufgeschraubt. Dieselben rechtwinklig kreuzend, aber von ihnen isolirt, sind darüber eben so viele Schienen senkrecht angebracht. Die Löcher an den Kreuzungspunkten dienen zur Aufnahme von Metallstöpseln, welche eine metallische Verbindung jeder oberen mit jeder unteren Schiene ermöglichen.

Die oberen Schienen werden mittels der an ihren Enden befindlichen Klemmschrauben mit den Leitungen, die unteren grösstentheils mit den Apparaten verbunden. Eine oder zwei Schienen der letzteren pflegt man zur Herbeiführung directer Leitungsverbindungen freizulassen und Schiene XII mit einer Erdleitung zu versehen. Wenn zur Herstellung von Directverbindungen die Schienen X und XI dienen sollen, dann würden, um z. B. die an den oberen Schienen 2 und 5 liegenden

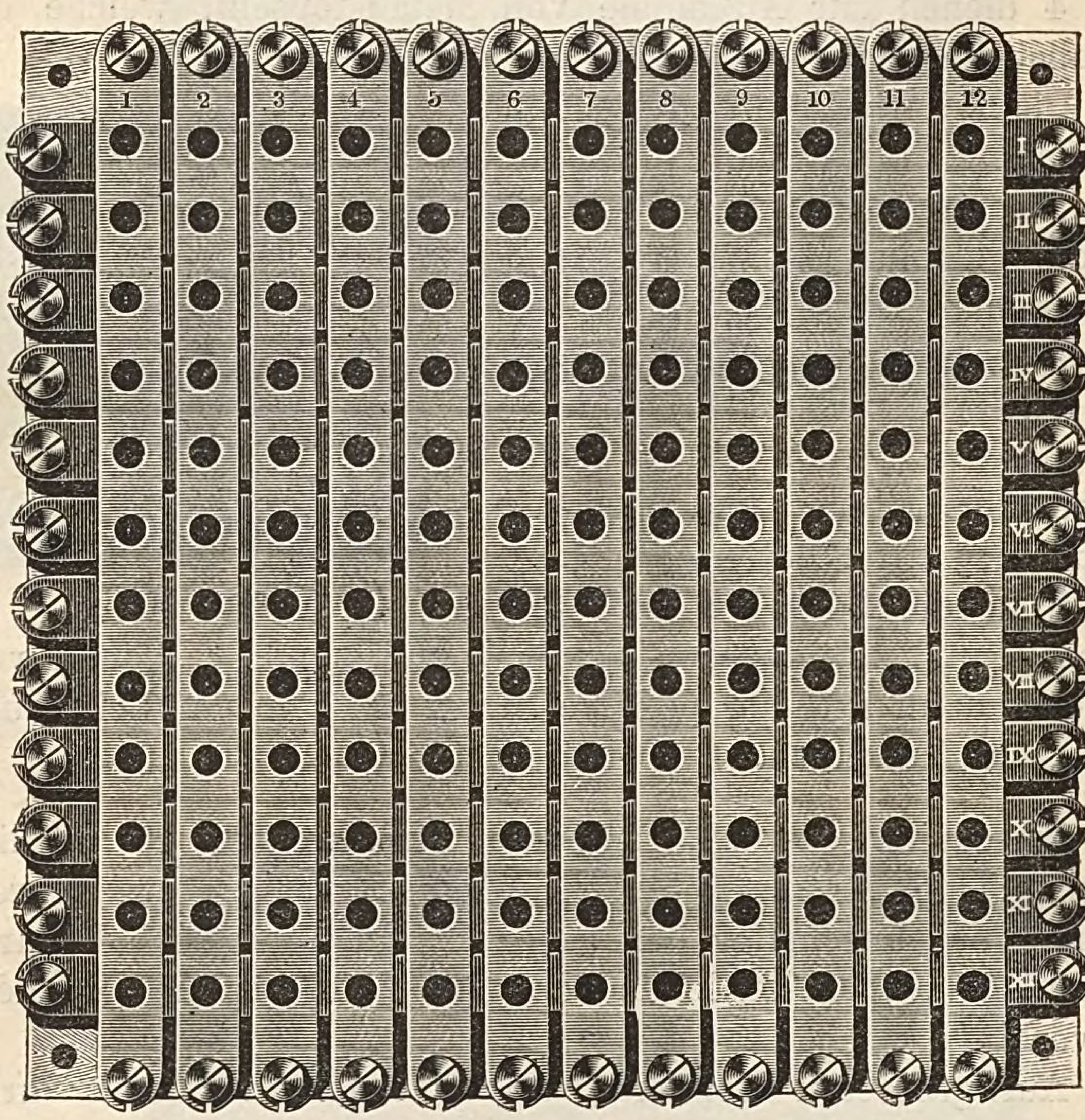


Fig. 134.

Leitungen mit einander direct zu verbinden, in die Kreuzungsstellen von X oder XI mit 2 und 5 Stöpsel einzusetzen sein. — Um irgend eine Leitung auf einen bestimmten Apparat zu schalten, hat man die betreffende Leitungsschiene durch einen Stöpsel mit derjenigen horizontalen Schiene zu verbinden, an welcher der für die Leitung bestimmte Apparat liegt. Wenn an der untersten horizontalen Schiene (hier Schiene XII) eine

Erdverbindung hergestellt ist, kann man endlich jede Leitung direct an Erde legen, indem man durch Stöpselung des untersten Loches der betreffenden Leitungsschiene letztere mit der horizotalen Schiene XII verbindet.

Will man eine Leitung isoliren, d. h. dem in ihr etwa fliessenden Strome den Weg zur Erde direct oder durch die

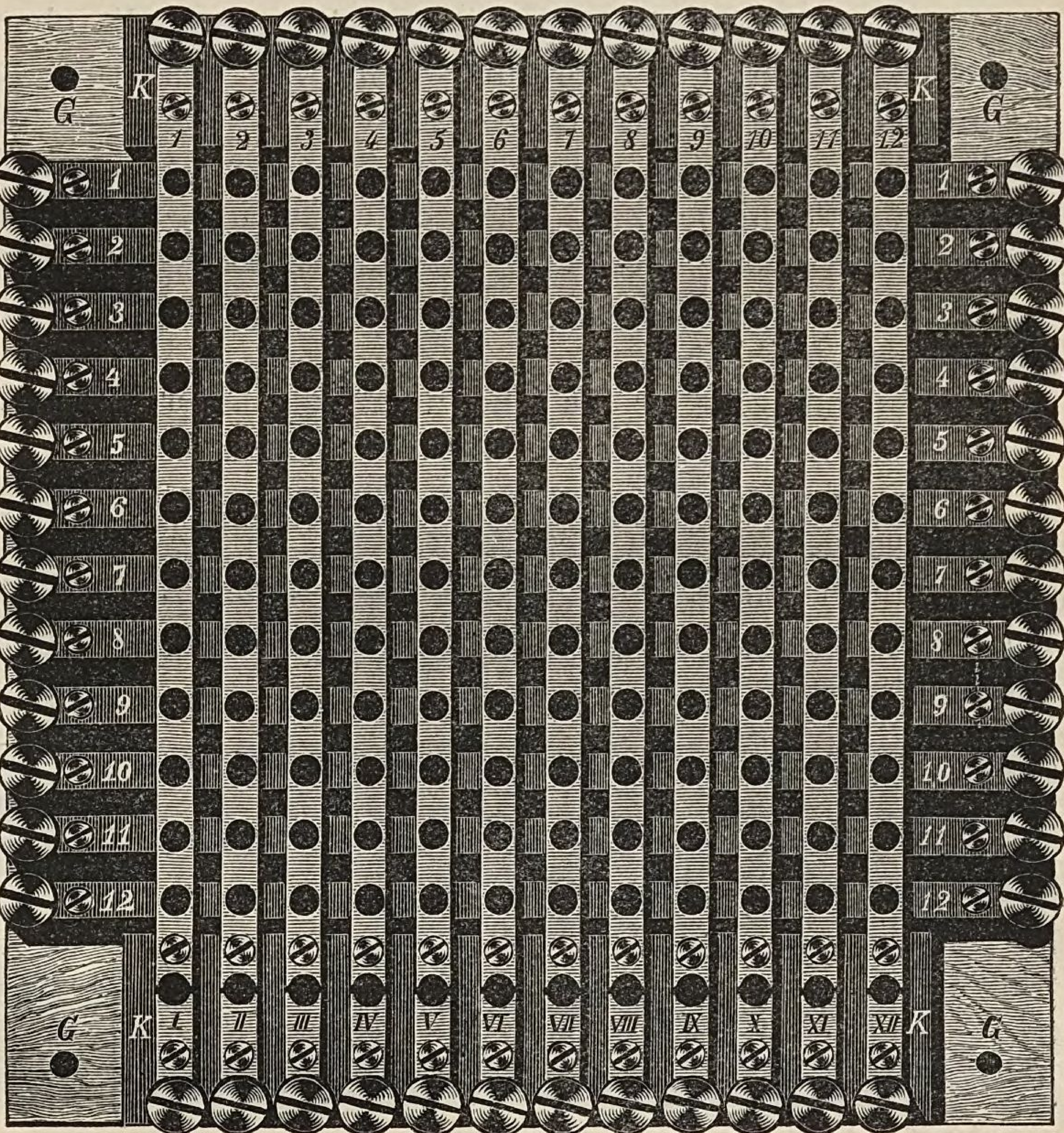


Fig. 135.

Apparate abschneiden, dann darf man nur den Stöpsel der mit ihr verbundenen Schiene herausziehen.

Bei dem in Fig. 135 dargestellten Linien-Umschalter neuerer Construction sind die oberen Schienen nur an einem Ende mit je einer Klemmschraube versehen. An dem anderen Ende hat jede Schiene einen halbkreisförmigen Ausschnitt. Diesem Ende gegenüber sind genau in der Verlängerung der oberen Schienen,

jedoch durch einen kleinen Zwischenraum von ihnen getrennt, auf der Holzleiste *K* die kurzen Schienen I bis XII befestigt. Letztere sind an ihren unteren Enden mit Klemmschrauben, an den oberen aber mit halbkreisförmigen Ausschnitten versehen, welche mit den Ausschnitten der gegenüber stehenden längeren Schienen zur Aufnahme von Messingstöpseln bestimmte Löcher bilden.

Bei diesem Umschalter werden die Leitungen an die oberen längeren Schienen, die Zuführungsdrähte zu den Apparaten aber an die kürzeren Schienen I—XII gelegt. Von den horizontalen Schienen steht die Schiene 12 in der Regel mit der Erdleitung, die Schiene 11 mit einem Untersuchungs-Instrumente in Verbindung, während die übrigen Schienen derselben Gruppe Zuleitungen zu Aushilfsapparaten aufnehmen oder für Directverbindungen freibleiben.

Als Linienumschalter für 4 Leitungen dient der in Fig. 136 dargestellte Umschalter Nr. II. An die Schienen L_1, L_2, L_3, L_4 werden die Leitungen, an die Schienen A_1, A_2, A_3, A_4 die Zuführungsdrähte zu den Apparaten, an die Schiene *U* der zu einem Untersuchungs-Instrumente, bezw. zu einem Aushilfsapparate führende Draht und an die Schiene *E* die Erdleitung gelegt.

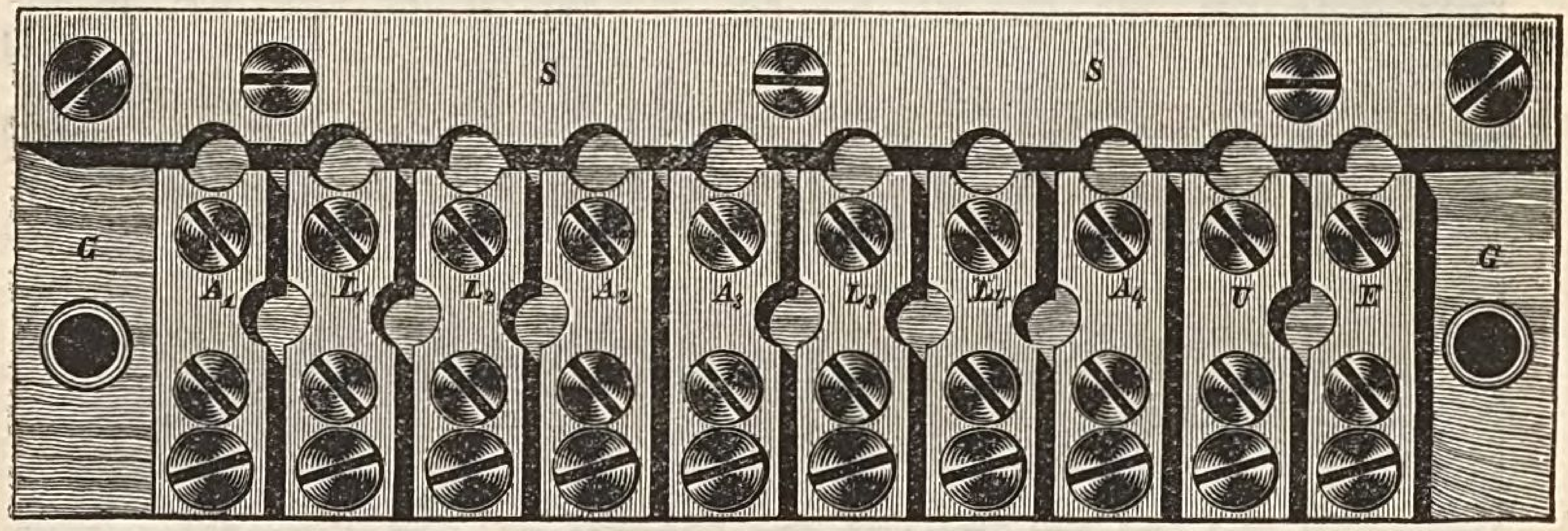


Fig. 136.

Die horizontale Schiene *SS* ermöglicht eine directe Verbindung auch derjenigen Leitungen, welche nicht, wie z. B. die an L_1 und L_2 geführten Leitungen, durch einen zwischen die Schienen L_1 und L_2 zu steckenden Stöpsel verbunden werden können. Ausserdem vermittelt die Schiene *SS* die Verbindung mit *U* und *E*. Soll z. B. Leitung 2 an Erde gelegt werden, so stöpselt man die beiden Löcher, welche die Schiene *SS* von den Schienen L_2 und *E* trennen.

Dieser Umschalter hat neuerdings durch die in Fig. 137 dargestellte Anordnung eine sehr zweckmässige Aenderung erfahren: Zwischen den auf das Grundbrett *G* aufgeschraubten zwei Horizontalschienen *U* und *E* liegen vertical zu denselben zwölf kurze Schienen, von denen je zwei ein Paar bilden. Die Schienen jedes Paares können unter sich und jede derselben einzeln oder zusammen durch Stöpselung mit den beiden Horizontalschienen verbunden werden. Neben den mit arabischen Zahlen bezeichneten Schienen befindet sich im Grundbrett links unten je ein Loch zur Durchführung der an diese Schienen zu legenden Leitungen; ein gleiches Loch rechts oben neben jeder mit römischer Zahl bezeichneten Schiene dient zur Durchführung des Drahtes, welcher die rechte Schiene jedes Paares mit einem Apparatsystem verbindet. Die Schiene *U* vermittelt Directverbindungen, Umschaltungen auf beliebige Apparate bezw. Verbindungen mit dem Messinstrument. Die

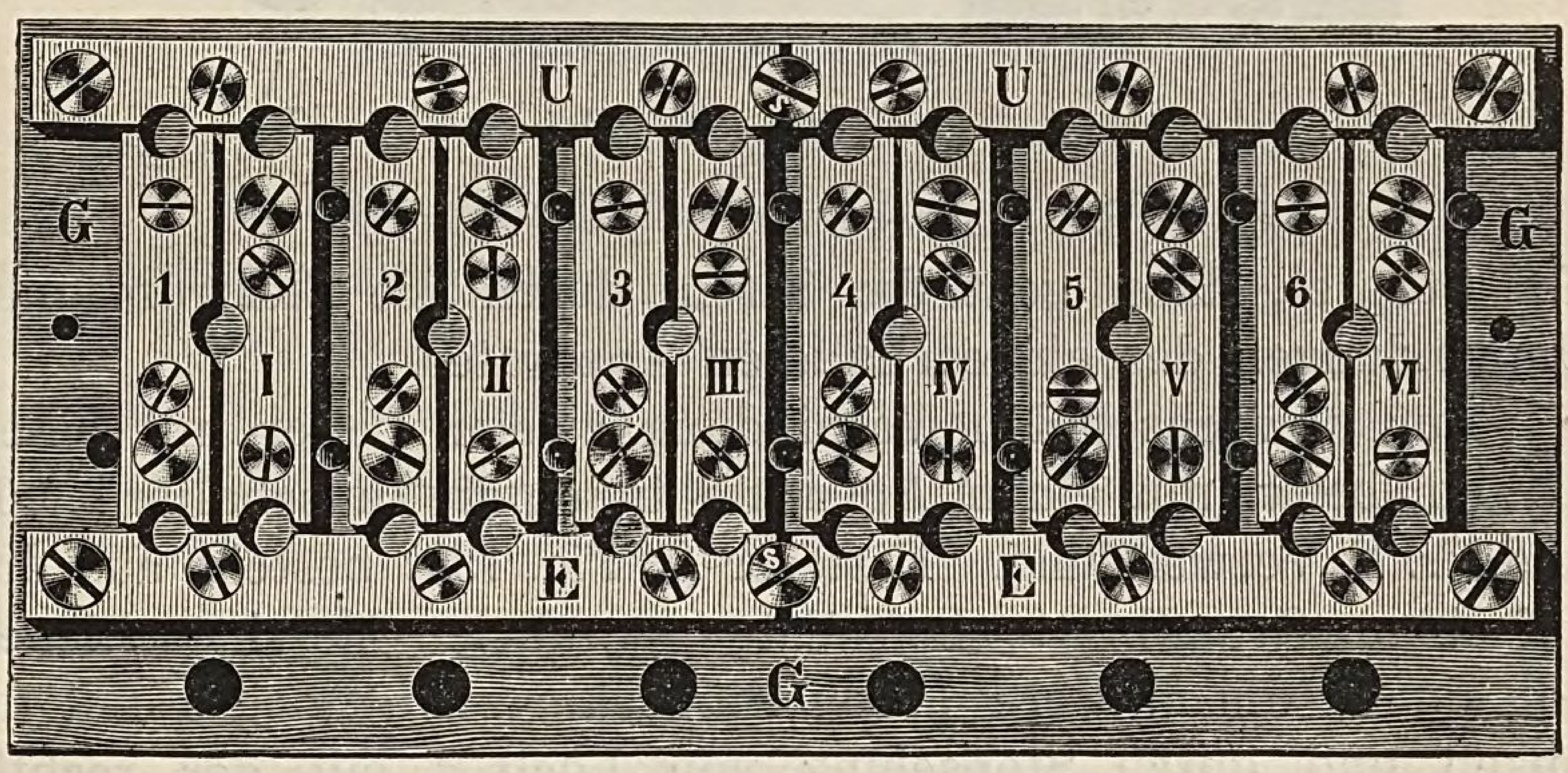


Fig. 137.

Horizontalschiene *E* ist mit einer Erdleitung versehen und kann daher zur Ausführung von Erdverbindungen für jede an dem Umschalter liegende Leitung benutzt werden. — Für normale Schaltung ist die Leitung an Schiene 1 mit dem Apparat an Schiene I, die Leitung an Schiene 2 mit dem Apparat an Schiene II u. s. w. durch Stöpselung zu verbinden. Soll abweichend hiervon z. B. die Leitung 2 auf Apparat V gelegt werden, so sind die zwischen $\frac{2}{\text{II}}$ und $\frac{5}{\text{V}}$ steckenden Stöpsel in diejenigen Löcher zu versetzen, welche die Schienen 2 und V von der Schiene *U* trennen.

Durch Entfernen der beiden Schrauben *s* lässt sich dieser Umschalter, welcher die Bezeichnung IIa führt, behufs gleichzeitiger Benutzung der Horizontalschinen für zwei Leitungen theilen.

Zur beliebigen Aus- und Einschaltung eines Apparates dient der in Fig. 138 skizzirte Umschalter Nr. III (Ausschalter). Sind beide Schienen desselben durch den Stöpsel mit einander verbunden, dann ist, wenn *a* und *b* Batterie-, *c* und *d* Apparatzuführungsdrähte bedeuten, die Batterie nur durch den Umschalter und den Schliessungsbogen geschlossen. Entfernt man

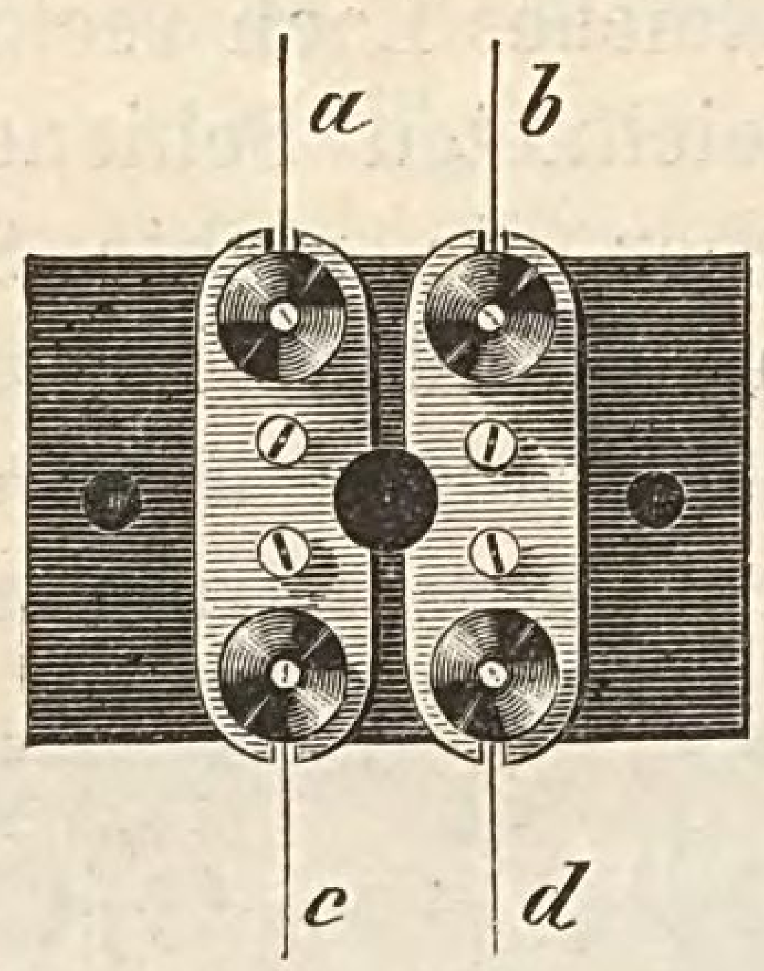


Fig. 138.

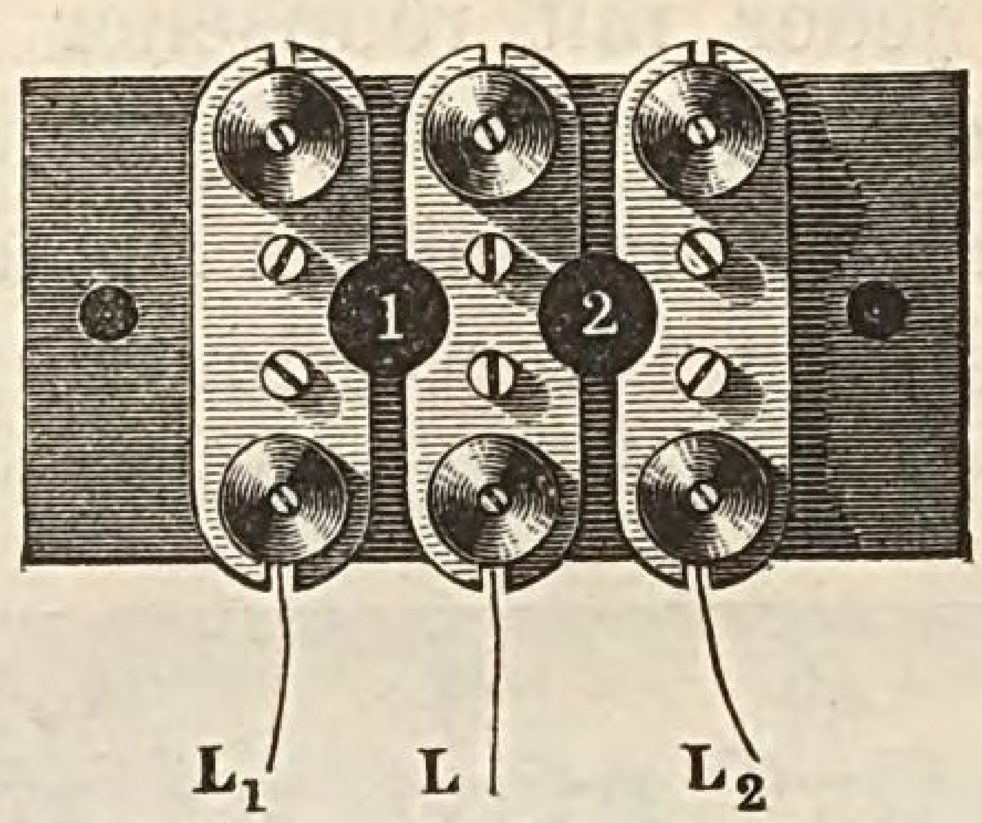


Fig. 139.

den Stöpsel, dann geht der Strom durch die Elektromagnet-Umwindungen des eingeschalteten Apparates.

Zur abwechselnden Verbindung zweier Leiter mit einem dritten, bezw. mit einem Apparate finden die Umschalter Nr. IV und Nr. V Verwendung. Ersterer (s. Fig. 139) besteht aus drei auf einem Grundbrette befestigten parallelen Messingschienen, von denen die mittlere durch Stöpselung von Loch 1 mit der linken und durch Stöpselung von Loch 2 mit der rechten Schiene in Verbindung gebracht wird. Bedeutet L z. B. die an der Mittelschiene liegende Zuleitung zu einem Relais, dessen Elektromagnet-Umwindungen anderseits mit Erde in Verbindung stehen, so wird jenes durch Stöpselung von Loch 1 in die Leitung L_1 und durch Stöpselung von Loch 2 in die Leitung L_2 geschaltet.

Der Umschalter Nr. V (Kurbelumschalter) ermöglicht eine schnellere und leichtere Handhabung, als der Umschalter Nr. IV. Um L_1 mit L_2 zu verbinden, legt man (s. Fig. 140) die Kurbel *c* nach links.

Hierbei gleitet ein unterhalb des Ebonitknopfes an der unteren Fläche der Kurbel befindlicher Messingstift längs der

schrägen Fläche der Klinke *A* und springt, indem er letztere zurückdrückt, in den hinter der schrägen Fläche der Klinke angebrachten Ausschnitt ein.

Behufs Verbindung von L_1 mit L_3 wird die Kurbel nach rechts gelegt und so in gleicher Weise Schiene 1 mit Schiene 3 leitend verbunden.

Die Klinken *A* und *B*, deren Bewegung nach oben durch

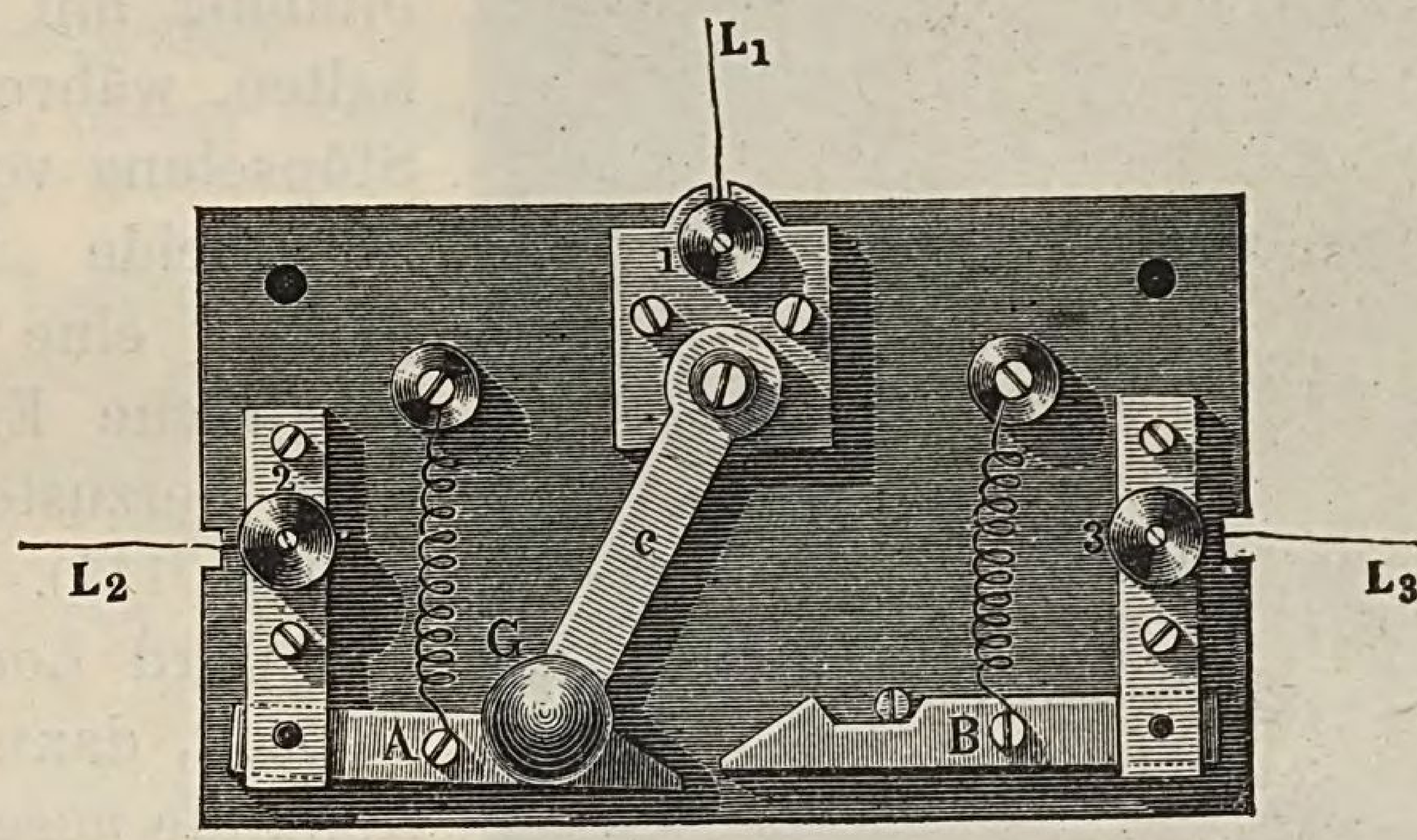


Fig. 140.

je einen in das Grundbrett eingeschraubten Stift begrenzt wird, haben ihre Axlager in Schlitzen, mit welchen die der unteren Kante des Grundbrettes zunächst liegenden Enden der mit 2 und 3 bezeichneten Schienen versehen sind. Damit die metallische Verbindung der Kurbel mit den beweglichen Klinken eine sichere sei, wirken auf letztere gegen den Angriffspunkt der Kurbel verhältnissmässig kräftige Spiralfedern.

Die Umschalter Nr. VI und Nr. VII lernen wir demnächst bei der Beschreibung derjenigen Apparat-Verbindungen, in welchen sie Verwendung finden, kennen.

Die Verbindung der Apparate unter sich und mit der Leitung ist verschieden, je nachdem letztere mit Arbeitsstrom oder Ruhestrom betrieben wird und je nachdem die betreffende Telegraphenanstalt als End- oder Zwischenamt in die Leitung eingeschaltet ist.

Die Apparat-Verbindungen der Endämter ergeben sich aus vorhergegangenen Beschreibungen und Zeichnungen. Wir wenden uns daher zunächst zu Schaltungen für Zwischenämter.

I. Zwischenamt mit 2 Leitungen und 1 Apparat.

A. Arbeitsstrom. — Die verschiedenen Verbindungen werden hier durch den Platten-Blitzableiter bewirkt, dessen Leitungsplatten durch Stöpselung der Löcher 1 und 3 jede für sich Verbindung mit Erde erhalten, während durch Stöpselung von Loch 4 für beide Leitungsplatten eine gemeinschaftliche Erdverbindung herzustellen ist* (s. Fig. 141).

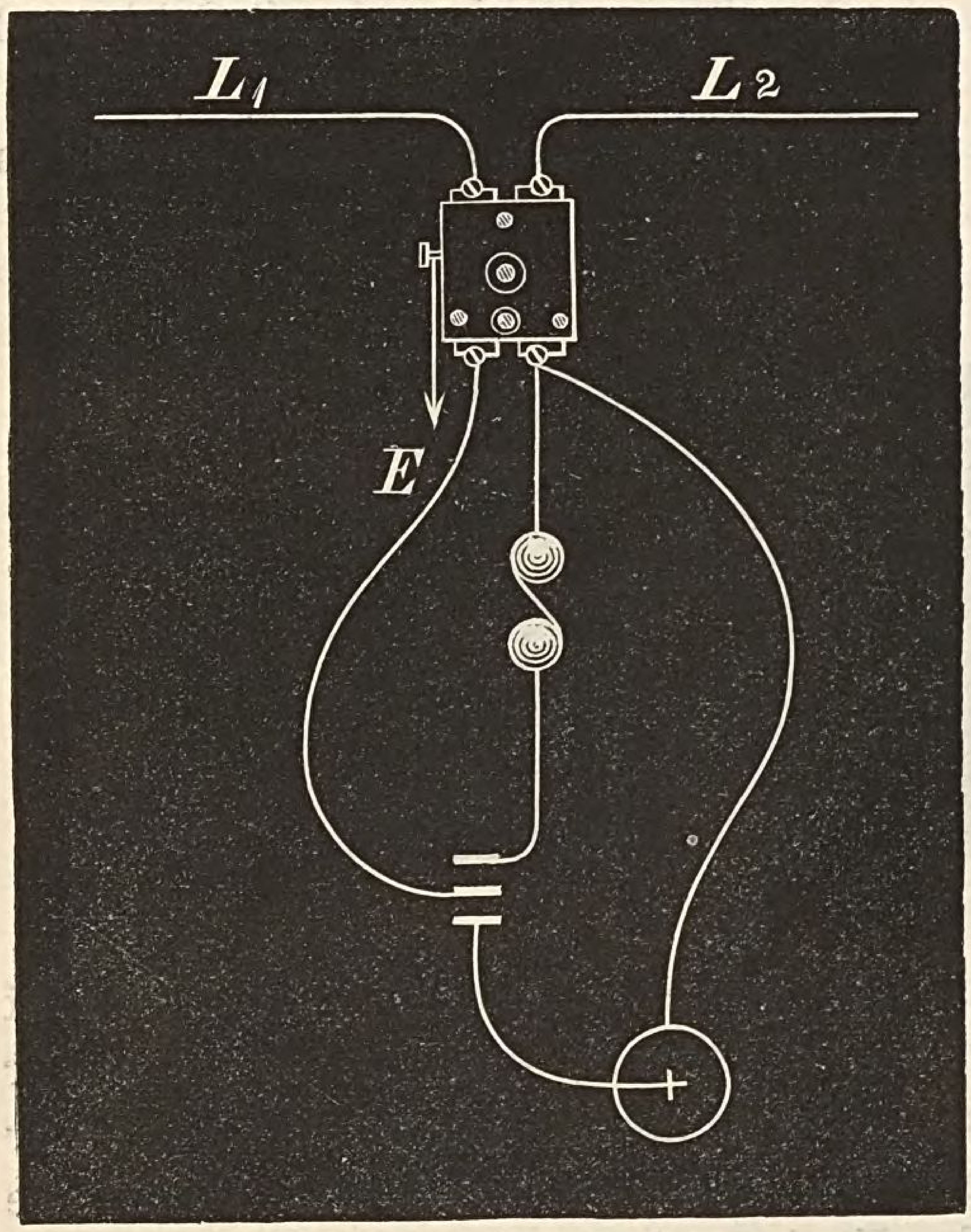


Fig. 141.

Wird Loch 2 gestöpselt, dann sind die Apparate ausgeschaltet und beide Leitungen direct mit einander verbunden.

Ist Loch 1 gestöpselt, dann geht ein von L_1 kommender Strom auf dem Zwischenamte direct zur Erde, ein Strom dagegen aus L_2 fliesst durch die Apparat-Umwindungen und über die Taste zur Erde.

Drückt man bei dieser Stöpselung auf dem Zwischenamte Taste, so wird negativer Strom nach L_2 gesandt, während positive Elektricität über den Stöpsel in Loch 1 zur Erde abfliesst. Man kann so nur mit den in der Leitung 2 liegenden Aemtern correspondiren. Versetzt man, um nach Leitung 1 zu sprechen, oder um von da Zeichen zu erhalten, den Stöpsel aus Loch 1 in Loch 3, dann ist die Leitung 2 direct mit Erde

* Die drei unteren Stöpsellöcher zählen von links nach rechts, das oben befindliche Stöpselloch erhält Nr. 4. — Sowohl hier, als bei den folgenden Stromlaufskizzen sind, damit die Zeichnung möglichst einfach und um so ersichtlicher aus ihr der eigentliche Vorgang werde, die Nebenapparate, welche auf den Stromlauf ohne Einfluss sind, ausser Betracht gelassen.

verbunden, während ein Strom aus Leitung 1 durch Taste und Schreibapparat zur Erde abfliesst.

Bei Tastendruck auf dem Zwischenamte geht diesmal der negative Strom über den Stöpsel in Loch 3 zur Erde und der positive nach Leitung 1.

Ist kein Loch gestöpselt, dann geht der Strom durch die Apparate des Zwischenamtes von einer Leitung in die andere. Das Zwischenamt kann die Correspondenz beider Nachbarämter bei dieser Stellung (Circular- oder Durchsprech-Stellung) mitlesen.

Bei Tastendruck ist der positive Batterie-Pol mit Leitung 1, der negative mit Leitung 2 verbunden. Die nach beiden Seiten abströmenden Elektricitäten gelangen erst auf den Endämtern zur Erde. Man kann also bei Circularstellung sowohl von beiden Seiten Schriftzeichen erhalten, als auch nach beiden Seiten hin gleichzeitig Strom zur Erzeugung telegraphischer Zeichen entsenden.

Nach Vorstehendem versteht man unter Direct-Stellung die Verbindung der beiden Leitungszweige mit Ausschluss der Apparate des Zwischenamtes, unter Circular- oder Durchsprech-Stellung die Verbindung der beiden Leitungszweige mit Einschaltung der Apparate des Zwischenamtes und endlich unter Local- oder End-Stellung diejenige Verbindung, welche das Zwischenamt für eine oder die andere Seite, oder, wenn man auf dem Zwischenamte zwei Apparat-Systeme hat, welchen Fall wir bald besprechen werden, für beide Leitungszweige, zum Endamte macht.

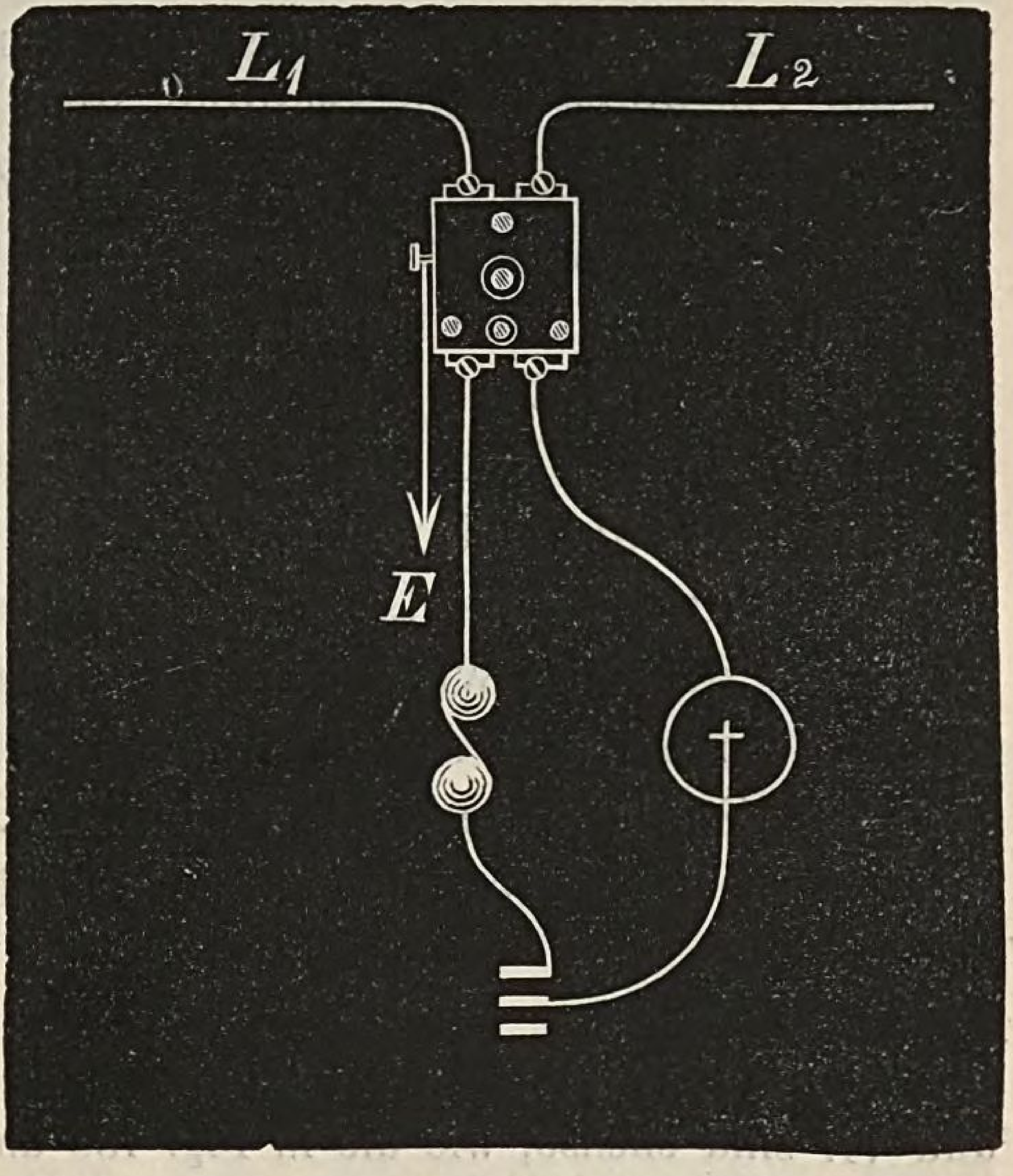


Fig. 142.

B. Ruhestrom. — Auch hier dient zur Herstellung der erforderlichen Verbindungen der Plattenblitzableiter. Ist in

demselben (s. Fig. 142) Loch 1 gestöpselt, so liegt Leitung 1 an Erde und nach Leitung 2 ist End-Stellung. Steckt der Stöpsel in Loch 3, so liegt Leitung 2 an Erde und nach Leitung 1 kann allein gearbeitet werden. Wird das mittlere Loch gestöpselt, dann sind beide Leitungen direct mit einander verbunden. (Apparate und Batterie sind ausgeschaltet.)

Für gewöhnlich ist kein Loch zu stöpseln. Das Amt ist in diesem Falle circular zwischen beide Leitungszweige geschaltet.

Auf Endämtern wird die Platte des Blitzableiters, welche jetzt mit der Leitung 1 in Verbindung ist, statt mit dieser mit Erde verbunden.

II. Zwischenämter mit 2 Leitungen und 2 Apparaten.
(Trennämter.)

A. Arbeitsstrom. — Wenn Zwischenämter nur 1 Apparatsystem haben, ist es natürlich unmöglich, zu gleicher Zeit nach beiden Seiten hin Correspondenz abzuwickeln. Zwischenämter mit 2 Apparaten dagegen können nach Bedürfniss die beiden Leitungszweige trennen und sich für jeden besonders als Endamt einschalten oder beide Zweige entweder mit Einschluss eines Apparatsystemes oder direct mit einander verbinden. Diese Schaltungen werden mit Hilfe des Umschalters Nr. VI ausgeführt.*

Der Umschalter Nr. VI erscheint in zwei Constructionen, von denen die ältere in Fig. 143 gezeichnet ist. Bei der neueren Anordnung (s. Fig. 145) liegt in der Mitte nur eine Schiene; dieselbe wird durch Stöpselung von Loch 2 mit der oberen linken und durch Stöpselung von Loch 3 mit der oberen rechten Schiene leitend verbunden. Der ältere Umschalter wird mit Nr. VIa, der neuere mit Nr. VI bezeichnet. Für

* Die Metallschienen der im Folgenden nur skizzirten Umschalter Nr. VI und VII sind ebenso, wie die in Fig. 138 und 139 ausgeführten Umschalter Nr. III und IV auf hölzerne Unterlagen aufgeschraubt und an ihren äusseren Enden mit Klemmschrauben zur Aufnahme der Verbindungsdrähte versehen. Die Stöpsel verjüngen sich nach unten, und demgemäss sind die für dieselben bestimmten Löcher konisch gebohrt.

Trennämter ohne Relais können beide Constructionen Verwendung finden.

Bei Stöpselung von Loch 1 (s. Fig. 143) sind L_1 und L_2 direct, bei Stöpselung von Loch 2 mit Einschluss des Apparates *B* und bei Stöpselung von Loch 3 mit Einschluss des Apparates *A* mit einander verbunden.

Es sind also zwei Durchsprech-Stellungen möglich: das eine Mal wird die Correspondenz der beiden Endämter auf Apparat *A*, das andere Mal auf Apparat *B* mitgelesen. Nach Stöpselung von Loch 4 ist zwischen jeden Leitungszweig und Erde ein Apparat geschaltet: der von L_1 kommende Strom gelangt durch *A* und der von L_2 kommende durch *B* zur Erde. Drückt man Taste I, so entsendet man den Strom nach L_1, drückt man Taste II, so ist L_2 mit der Batterie verbunden. Man ist also bei dieser Stöpselung (Trennstellung) in der Lage, gleichzeitig nach beiden Seiten verschiedene Telegramme abzusenden und ebenso von beiden Seiten Telegramme aufzunehmen.

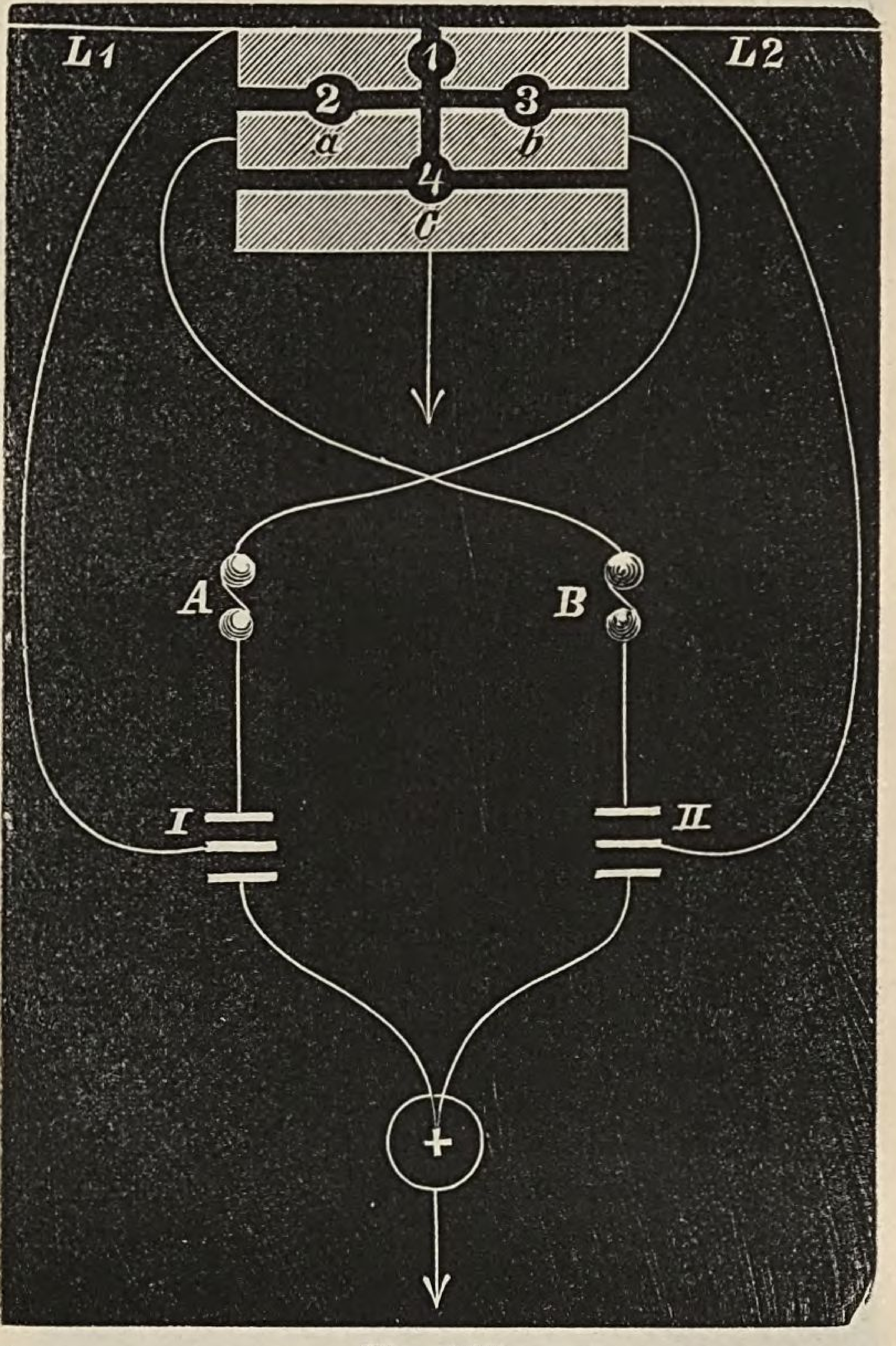


Fig. 143.

Wir wissen aus Früherem, dass die magnetisirende Kraft des in den Elektromagnet-Umwindungen circulirenden Stromes abhängig ist von der Stärke des letzteren. Diese aber nimmt ab, je grösser der Widerstand im Schliessungsbogen wird.

Sehen wir nun einmal zu, von welchem Widerstande bei voriger Schaltung die auf die Eisenkerne des Apparates *A* wirkende Stromstärke abhängig ist. Angenommen, L_1 habe 1000, L_2 2000 *S. E.* Widerstand, und letzterer betrage in den Elektromagnet-Umwindungen jedes Apparates 600 *S. E.*, so würde der von L_1 kommende Strom bei Trennstellung den Leitungswiderstand von 1000 und den des Apparates von 600 *S. E.*, also zusammen 1600 *S. E.* zu überwinden haben und dann zur Erde abfliessen. Nimmt man nun den Stöpsel aus Loch 4 und bringt ihn in Loch 3, dann gelangt der von L_1 kommende Strom erst auf dem Endamte von L_2 zur Erde; der Widerstand, welchen er jetzt zu überwinden hat, ist der von $L_1 = 1000$ *S. E.*, vermehrt um den des Apparates $A =$ 600 *S. E.*; hierzu kommt der Widerstand von $L_2 = 2000$ *S. E.* und der des Apparates des Endamtes des letzteren Leitungszweiges = 600 *S. E.* Der Gesammtwiderstand beträgt also 4200 *S. E.* Es wirkt daher bei Durchsprech-Stellung ein bedeutend schwächerer Strom magnetisirend auf die Eisenkerne, als bei Trennstellung. Die Ankeranziehung ist eine geringere, deshalb muss zur Erzielung deutlicher Morseschrift die Abreissfeder nachgelassen werden.

Dieses Reguliren wird durch Einschaltung künstlicher Widerstände bei der in Fig. 144 skizzirten Verbindungsweise mittels Umschalters Nr. VII vermieden.

Ist in demselben Loch 6 und 7 gestöpselt, dann sind L_1 und L_2 direct verbunden.

Durch Stöpselung von Loch 1 oder Loch 3 erhält man Durchsprech-Stellung; im ersten Falle spricht Apparat *A*, im zweiten Apparat *B* mit.

Wird Loch 2 gestöpselt, dann ist Trennstellung: Ein Strom von L_1 geht über die Taste durch *A*, den künstlichen Widerstand W_1 und über den Stöpsel in Loch 2 zur Erde. Ist W_1 gleich dem Widerstande von L_2 einschliesslich der eingeschalteten Apparate, so ist der Widerstand, welcher dem von L_1 kommenden Strome bei Trennstellung auf dem Zwischenamte geboten wird, derselbe, welchen er bei Durchsprech-Stellung zu überwinden hat. Der Elektromagnet des Schreib-Apparates *A* wird bei beiden Verbindungen gleichmässig beeinflusst. Dasselbe gilt vom Apparate *B*, wenn der Wider-

stand W_2 gleich dem von L_1 einschliesslich der in diesen Leitungszweig geschalteten Apparate ist.

Durch Stöpselung von Loch 4 und 5 wird Trennstellung unter Ausschaltung der künstlichen Widerstände bewirkt.*

Die Stärke der Batterien bei den einzelnen Aemtern ist so zu bemessen, dass dieselbe bei den Endämtern dem Widerstande der ganzen Leitung, bei den Zwischenämtern: für die Leitung vom Zwischenamte nach rechts dem Widerstande dieser Leitung bis zum Endamte rechts, für die Leitung vom Zwischenamte nach links dem Widerstande derselben vom Zwischenamte bis zum Endamte links entspricht.

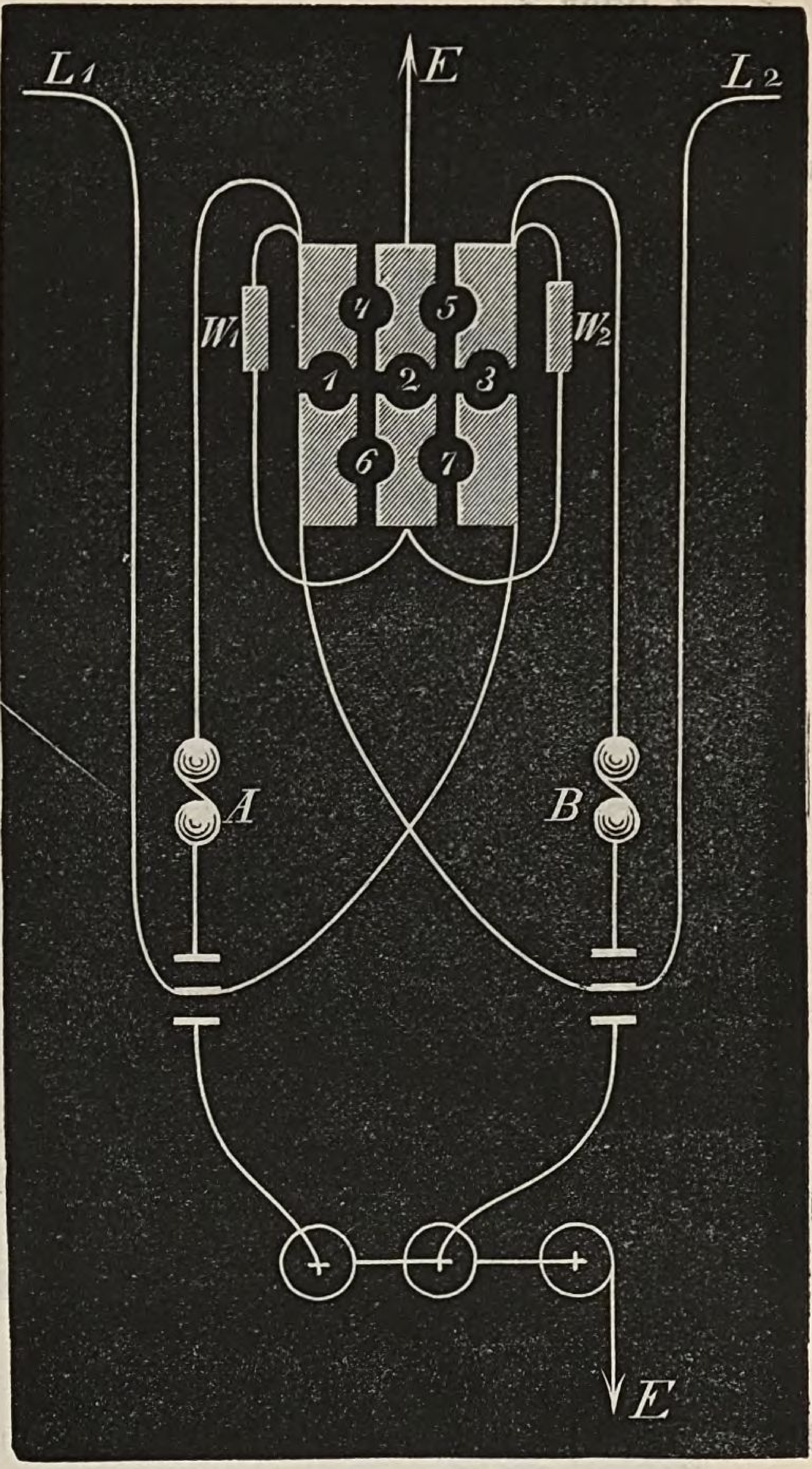


Fig. 144.

Für den Zweig mit dem geringeren Widerstande ist auf dem Zwischenamte die Batterie durch Abzweigung aus der grösseren, dem Wider-

* Die künstlichen Widerstände werden durch Graphitpulver gebildet, mit welchem dünne Glasröhren angefüllt sind. Letztere tragen an ihren Enden je eine kleine Messingkapsel, in welche eine Messingschrabue eingreift. Die Messingkapsel steht mit einer feinen Messingspirale in leitender Verbindung und drückt gegen den an jedem Ende auf das Graphitpulver gesetzten Staniolpfropfen. Die ganze Vorrichtung umschliesst eine, unten

stande der längeren Leitung entsprechenden Batterie herzustellen.

B. Ruhestrom. — Wird im Umschalter Nr. VI (s. Fig. 145)

Loch 1 gestöpselt, so erhält man Direct-Stellung,

= 2 oder 3 = = = = Durchsprech-Stellung,

= 4 = = = = Trennstellung.

Für jeden Leitungszweig ist eine besondere Batterie mit verschiedenen Polen an Leitung aufgestellt.

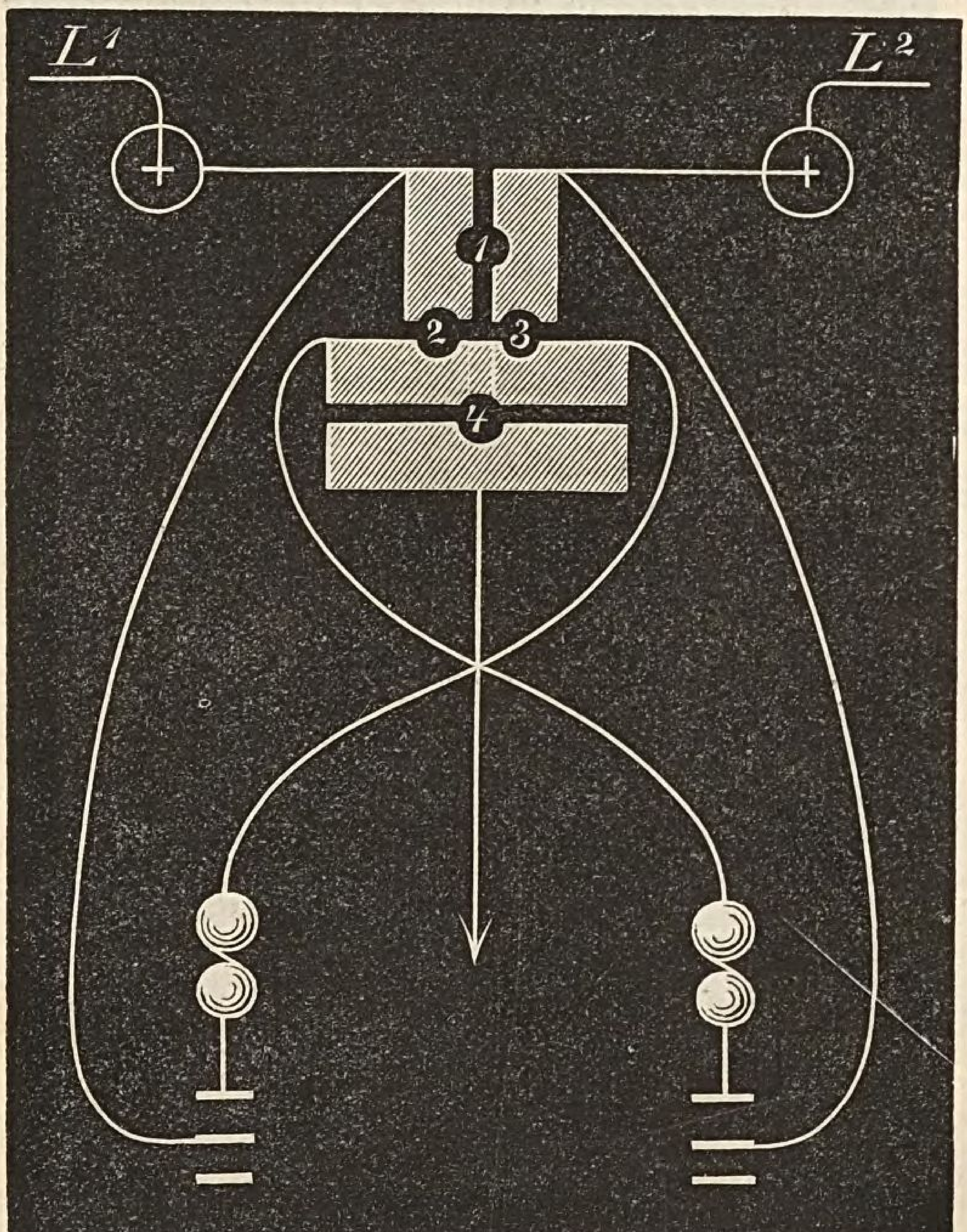


Fig. 145.

Bei allen bisherigen Schaltungsweisen kann der skizzirte Apparat ein Farbschreiber oder ein Relais sein. Ist Letzteres der Fall, dann hat man nur den Stromkreis einer Orts-Batterie durch den Körper und Ruhe-, bezw. Arbeitscontact des Relais und durch die Magnetisirungsspiralen des Schreib-Apparates nach früher gegebener Anweisung zu schliessen. Die in Fig. 145 angegebene Schaltung mit Umschalter Nr. VI ist indessen nur für Schreib-Apparate mit gebrochenem Hebel anwendbar. Wollte man an Stelle derselben Relais einschalten, welche für noch dazu geschaltete Schreib-Apparate eine

der ganzen Länge nach abgeflachte, hölzerne Hülse, welche an beiden Enden durch Messingscheiben mit Klemmvorrichtungen für die Zuleitungsdrähte abgeschlossen ist. Zwischen diesen Messingscheiben und den erwähnten Kapseln wird die leitende Verbindung durch Spiralfedern aus Messingdraht hergestellt.

Orts-Batterie abwechselnd zu öffnen und zu schliessen hätten, dann würde letztere bei Durchsprech-Stellung durch dasjenige Relais fortwährend geschlossen sein, dessen Elektromagnet-Umwindungen vom Strome nicht durchflossen werden und

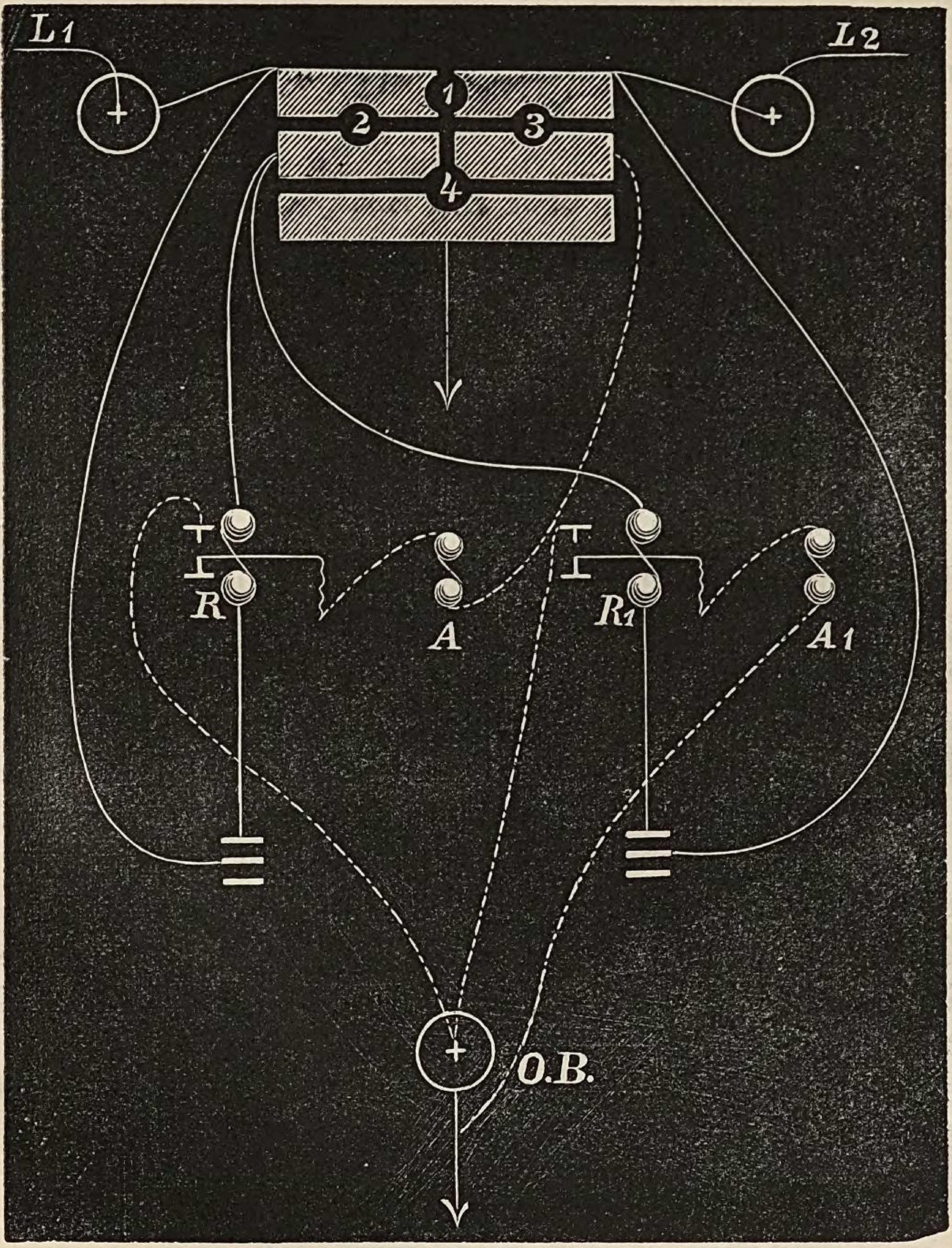


Fig. 146.

dessen Hebel während dieser Zeit am oberen Contacte liegt. (Ist Loch 2 gestöpselt, dann circulirt nur Strom in den Elektromagnet-Umwindungen des Apparates rechts, und ist Loch 3 gestöpselt, dann durchfliesst der Strom nur die Umwindungen des linken Apparates.)

Für Zwischenämter in Ruhestromleitungen, auf welchen Relais und Ortsbatterie zur Verwendung kommen, findet die in Fig. 146 gegebene Schaltungsweise unter Benutzung des Umschalters Nr. VIa Anwendung.

Die punktirten Linien bedeuten die Leitungen für den Localstrom. Ist Loch 4 gestöpselt, dann fliesst der von L_1 kommende Linienstrom über die Taste links durch das Relais R zum Umschalter, und gelangt über den eingestellten Stöpsel zur Erde. Wird dieser Strom durch Niederdrücken der Taste auf dem Zwischenamte oder auf irgend einem anderen Amte von L_1 unterbrochen, so dass sich der Hebel von R gegen den oberen Contact legt, dann wird die Orts-Batterie, von welcher ein Pol hier mit Erde verbunden ist, geschlossen; ihr Strom geht über den Körper des Relais durch die Elektromagnet-Umwindungen des Schreib-Apparates A zum Umschalter, und über den Stöpsel in Loch 4 zur Erde. Bei Unterbrechung des in L_2 circulirenden Linienstromes wird die Orts-Batterie für den Schreib-Apparat A_1 geschlossen. Der Lokalstrom gelangt, wie aus der Skizze ersichtlich, über den Körper von R_1 und durch die Umwindungen von A_1 zur Erde. Circular kann bei dieser Verbindungsweise nur das Apparat-System rechts, und zwar durch Stöpselung von Loch 2, in die Linie geschaltet werden. Während jetzt durch R kein Strom fliesst und der Hebel deshalb am Ruhecontacte anliegt, ist ein Schluss der Orts-Batterie dadurch unmöglich gemacht, dass das nicht mit dem Körper des Relais verbundene Ende der Elektromagnet-Umwindungen des Schreib-Apparates A keine directe Erdverbindung hat. Der Apparat A kann nur dann ansprechen, wenn Loch 4 gestöpselt ist, d. h. bei Trennstellung.

III. Zwischenamt mit 3 Leitungen und 2 Apparaten.

(Arbeitsstrom.)

Bei der in Fig. 147 gegebenen Anordnung ist die Leitung, nach welcher hin allein correspondirt werden soll, auf den rechten Apparat A_1 zu legen. Das linke Apparatsystem A

ist immer circular zwischen die beiden anderen Leitungen geschaltet.

Zu den drei möglichen Schaltungen sind im Umschalter Nr. VII jedesmal drei Löcher zu stöpseln.

Stecken Stöpsel in 1, 5 und 6, dann liegt L_1 auf A_1,
" " " 2, 3 " 7, " " L_2 " A_1,
" " " 3, 4 " 5, " " L_3 " A_1.

Damit man von dem Zwischenamte aus vermittels der Taste im Apparatsysteme *A* gleichzeitig nach beiden Leitungen, in welche *A* circular geschaltet ist, Strom entsenden kann, sind die beiden Zuleitungsdrähte *a* und *b* an den Körper der Taste gelegt.

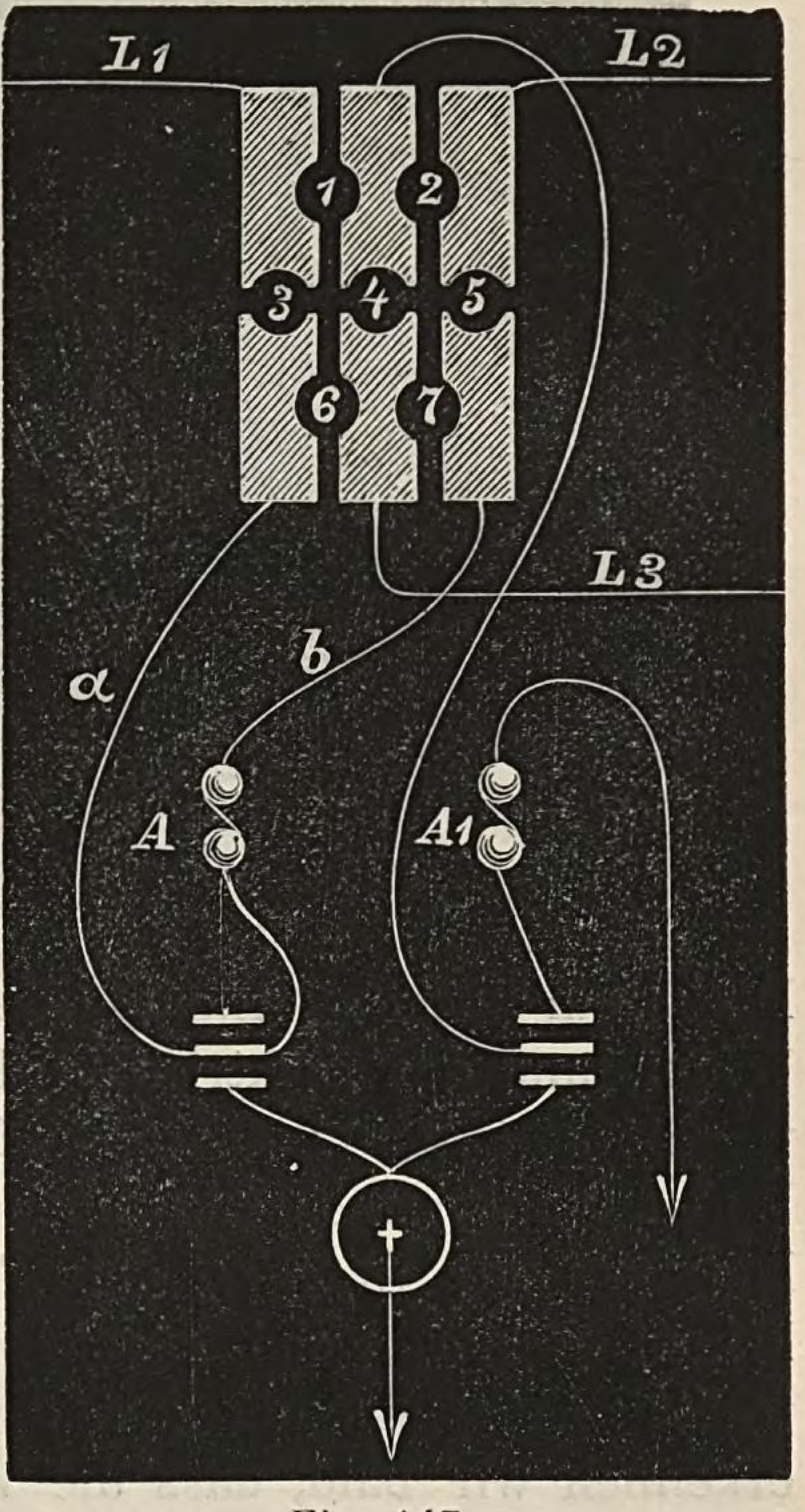


Fig. 147.

Verbindet man *a* und *b* statt mit der Taste und dem Apparate eines Systemes mit einem Umschalter Nr. VIa, von welchem aus Leitungsdrähte nach dem in Fig. 143 gegebenen Schema zu zwei Apparat-Systemen führen, dann kann man mit den beiden in Fig. 147 auf *A* gelegten Leitungen jede mögliche Schaltung vornehmen, u. A. in jeder Leitung besonders correspondiren.

Stöpselt man z. B. im Umschalter Nr. VII (s. Fig. 148) Loch 3, 4 und 5, dann liegen die Leitungen L_1 und L_2 auf Umschalter Nr. VIa, während Leitung L_3 mit A_1 verbunden ist. Wird Loch 4 des Umschalters Nr. VIa gestöpselt, dann ist auch für L_1 und L_2 Trennstellung genommen.

Die übrigen Schaltungen mittels des Umschalters Nr. VIa sind die auf Seite 245 bereits besprochenen.

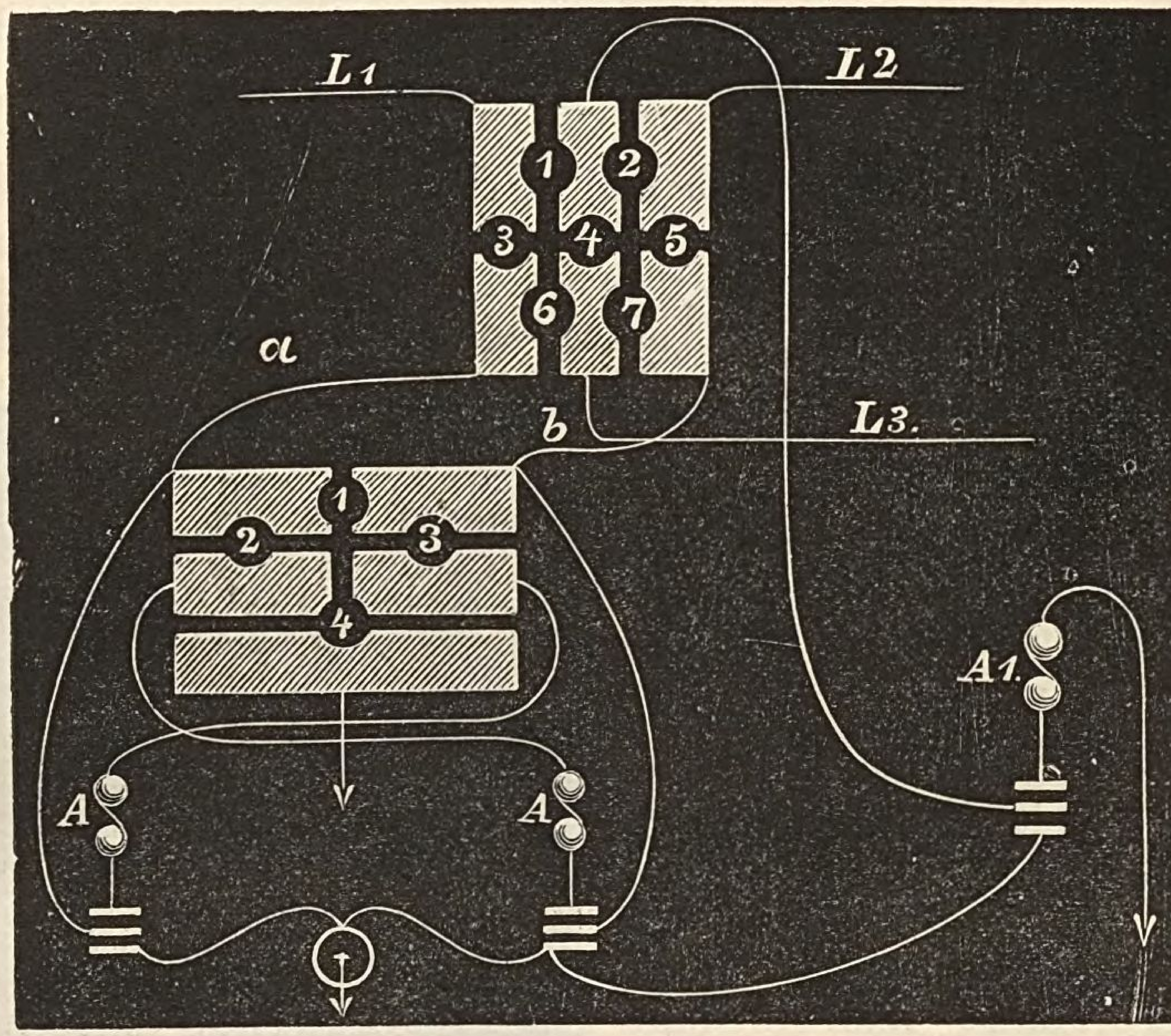


Fig. 148.

Die Uebertragung (Translation). — Wie schon aus Früherem bekannt, nimmt die Stromstärke ab, je grösser der Widerstand des Elektricitäts-Leiters wird. Dieser Widerstand wächst mit der Länge der Leitung. Rechnen wir zu der Widerstandsvermehrung noch den Stromverlust durch Ableitungen zur Erde an den Trägern der Leitung (es giebt ja keinen Körper, welcher so vollständig isolirt, dass eine Elektricitäts-Ausgleichung durch ihn ganz unmöglich wird), so erkennen wir bald, dass die Wirkungssphäre des Telegraphir-Stromes eine begrenzte ist. Sollen Telegramme über diese Grenze hinausgehen, dann müssen dieselben ein oder mehrere Male aufgenommen und weiter telegraphirt werden, oder es müssen an den Aufnahmestellen selbstthätige Apparatsysteme in Wirksamkeit treten, welche die Arbeit des Telegraphisten übernehmen.

Ein solches System (Uebertragungs-System) ist in Fig. 149 skizzirt. R_1 und R_2 sind zwei Relais, an welchen beide

Contactschrauben, aus Metall gearbeitet, von einander gänzlich isolirt, durch besondere Ständer oder Säulen getragen werden. Leitung 1 ist mit dem Körper des rechten, Leitung 2 mit dem Körper des linken Relais verbunden. Von den Telegraphir-Contacten führen Drähte zu der sogenannten Uebertragungs-Batterie,* deren freier Pol mit der Erde in leitender Verbindung steht. Der Ruhe-Contact jedes Relais ist mit einem Ende der Elektromagnet-Umwindungen des anderen verbunden, während das andere Ende der letzteren mit der Erdleitung in Verbindung steht. Ein Strom von L_1 fliesst über Körper und

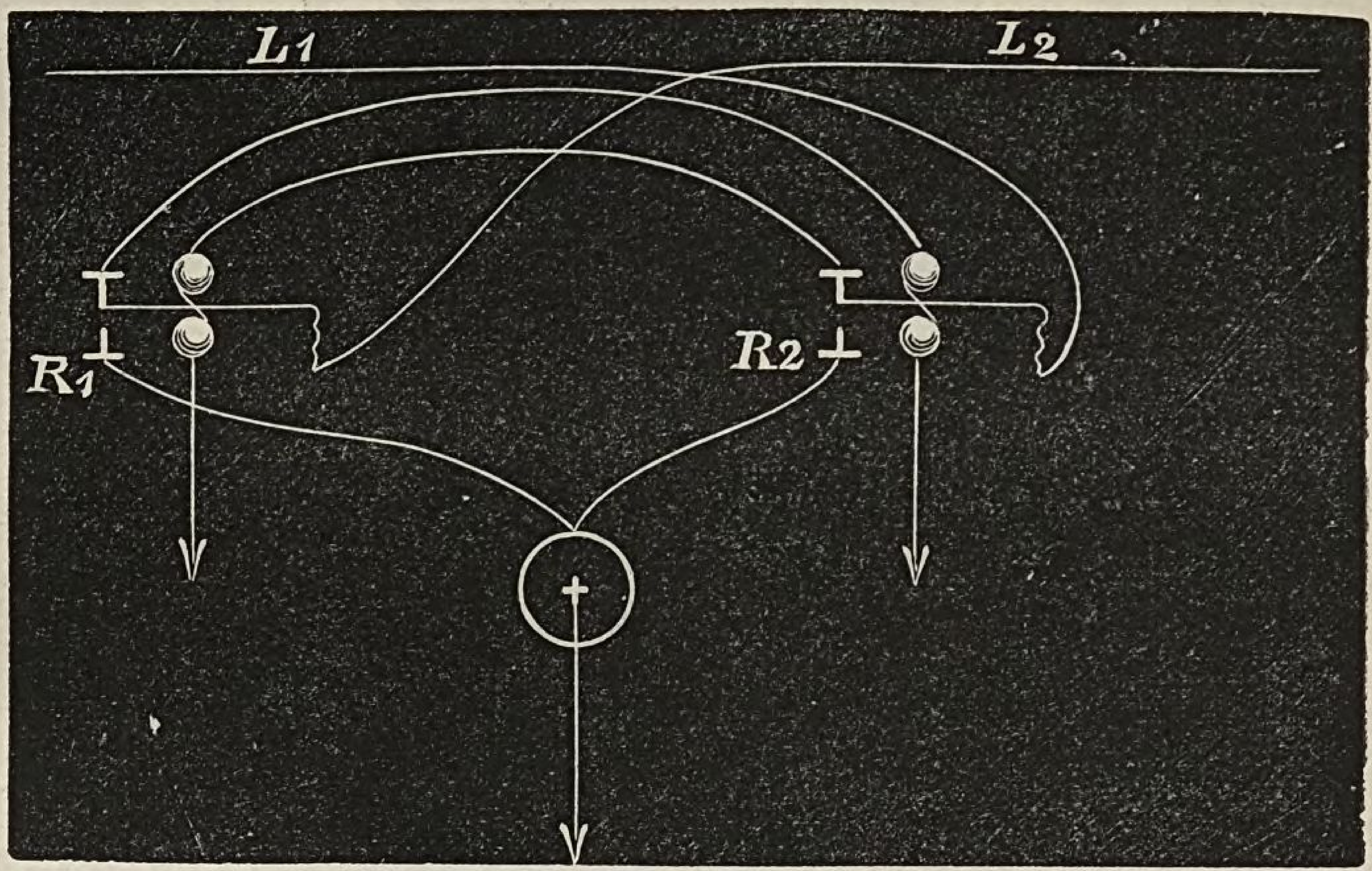


Fig. 149.

Ruhe-Contact von R_2 durch die Umwindungen von R_1 zur Erde. Der Anker von R_1 wird angezogen, so dass sich der Hebel an den unteren Contact legt: Es geht nun ein Strom aus der Uebertragungs-Batterie über den Körper des linken Relais nach L_2.

Kommt umgekehrt ein Telegraphirstrom von L_2, so wird derselbe über Körper und Ruhe-Contact von R_1 zu den Umwindungen von R_2 und durch dieselben zur Erde gelangen. Die Uebertragungs-Batterie wird in diesem Falle durch R_2 für

* Sind die beiden Leitungen bezüglich ihres Widerstandes sehr verschieden, so wendet man entweder für jede Leitung eine besondere, ihrem Widerstande entsprechende Batterie an, oder man benutzt für die längere Leitung eine Batterie, von welcher für die zweite kürzere Leitung ein Theil abgezweigt wird.

L_1 so oft und so lange geschlossen und geöffnet werden, als der Anker dieses Relais unter dem Einflusse des Telegraphirstromes von L_2 angezogen und losgelassen wird.

Damit das Uebertragungsamt auch in der Lage ist, sich als Endamt in jede der beiden Leitungen einzuschalten, verwendet man statt der Relais Schreib-Apparate mit getrennten bezw. von einander isolirten Contacten, welche nebenbei vor

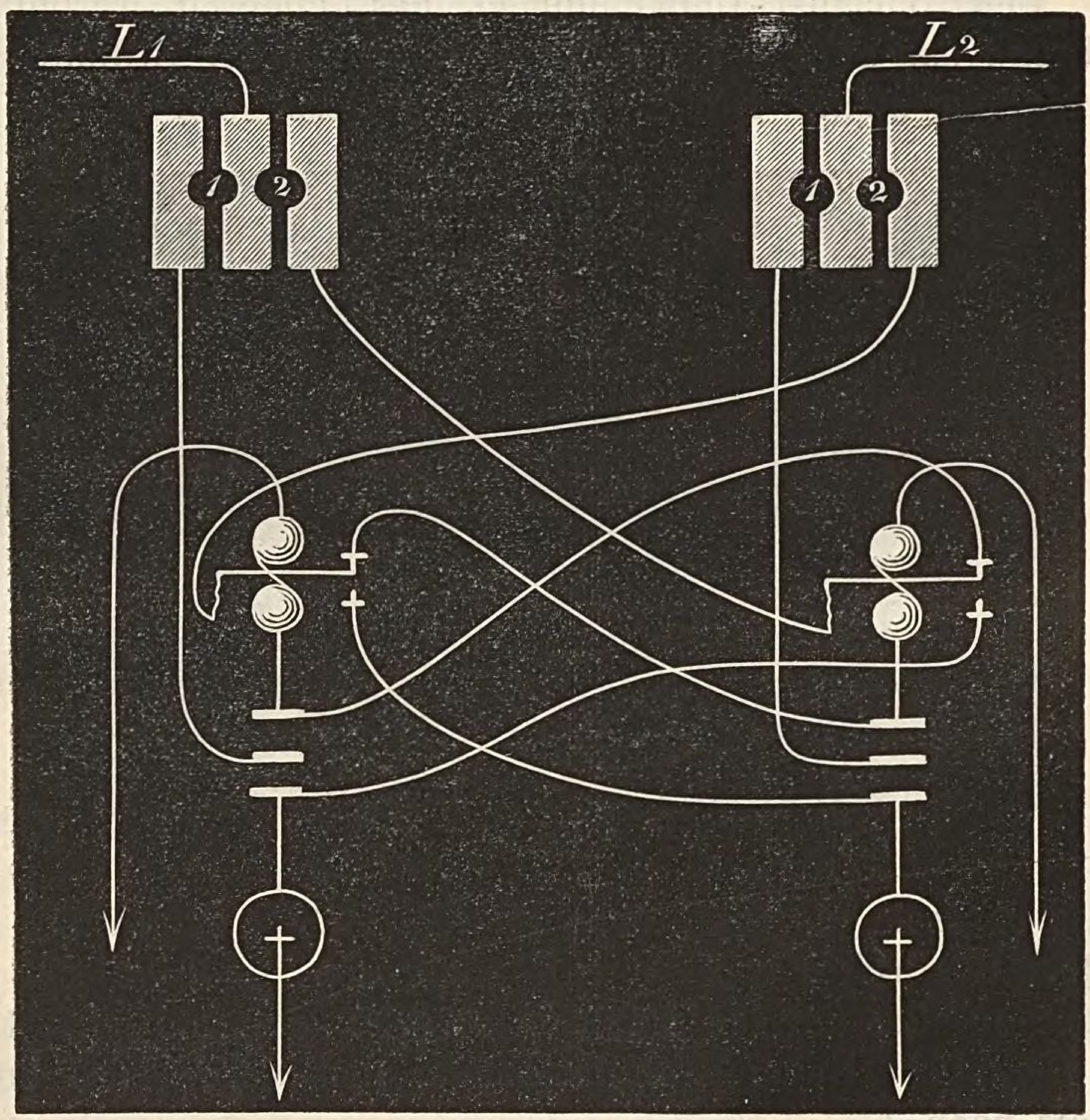


Fig. 150.

den Relais den Vortheil haben, dass sie während des Uebertragens ein Mitlesen (Controliren) der durchgehenden Correspondenz ermöglichen. Das Uebergehen von Uebertragungs- in Endstellung wird durch zwei Umschalter Nr. IV oder V bewirkt.

Stöpselt man bei Verwendung von Umschaltern Nr. IV in jedem derselben Loch 2, dann ist das in Fig. 150 skizzirte Amt Uebertragungs-Amt. Ein Strom z. B. von L_1 geht über Körper und Ruhe-Contact vom Apparate rechts zur Taste des

linken Apparat-Systemes, und von dieser durch die Elektromagnet-Umwindungen des linken Apparates zur Erde. Die Batterie des rechten Systemes entsendet so lange und so oft Strom nach L_2, als der Hebel des linken Apparates mit dem Telegraphir-Contacte in leitende Verbindung tritt. Sind in beiden Umschaltern die Löcher 1 gestöpselt, dann dient das linke Apparat-System zur Aufnahme und Absendung von Telegrammen von und nach L_1, und ebenso ist das rechte Apparat-System Endsystem für L_2.

Maron'sche Hughes-Uebertragung mit polarisirten Relais. — Bei der Uebertragung von Hughes-Correspondenz kommt es vor Allem darauf an, dass der die Uebertragung bewirkende Relaishebel nach kurzer Berührung des Arbeitscontactes ohne Verzögerung wieder in die Ruhelage zurückkehre, damit die bei dem Hughes-Apparate in schneller Folge ankommenden Stromimpulse auch sämmtlich in neue Ströme umgesetzt werden. Um dies zu erreichen, ist zwischen den Körper und die Elektromagnet-Umwindungen jedes Relais ein künstlicher Widerstand geschaltet, welcher einen Theil des Uebertragungsstromes durch die Umwindungen des ansprechenden Relais zu leiten und die Kerne des letzteren behufs Zurückführung des Hebels, bezw. der Zunge des Ankers im entgegengesetzten Sinne des ankommenden Linienstromes zu beeinflussen hat. Es müssen also Uebertragungs- und Linien-Batterien mit ungleichnamigen Polen an Leitung liegen.

Wird bei dieser Schaltung (s. Fig. 151) von L_1 nach L_2 gearbeitet, so tritt der von L_1 kommende Strom auf dem Uebertragungsamte an den Körper des Relais P_1 und fliesst zum grössten Theile über die Zunge und den oberen Contact, desselben durch die Umwindungen des Relais P_2 zur Erde: die Zunge des letzteren legt sich gegen den unteren Contact, und die mit demselben verbundene Uebertragungs-Batterie entsendet einerseits in die Leitung L_2, anderseits durch den Widerstand W_2 und die Umwindungen von P_2 Strom. Letzterer Stromzweig bewirkt das Zurückgehen der Zunge gegen den Ruhecontact.

Die Widerstände W_1 und W_2 sind so zu bemessen, dass ersterer das $1\frac{1}{2}$fache des Leitungswiderstandes von L_1, letzterer

das $1\frac{1}{2}$fache des Leitungswiderstandes von L_2 beträgt. Die Relais sind so einzustellen, dass die aus den Leitungen kommenden und durch die Widerstände in die Relais sich abzweigenden Linienströme auf sie einflusslos bleiben, während der über den Körper und oberen Contact eines Relais durch die Umwindungen des andern Relais zur Erde abfliessende stärkere Zweigstrom das letztere ansprechen lässt. Der Theil des von L_1 ankommenden Stromes z. B., welcher durch W_1 in

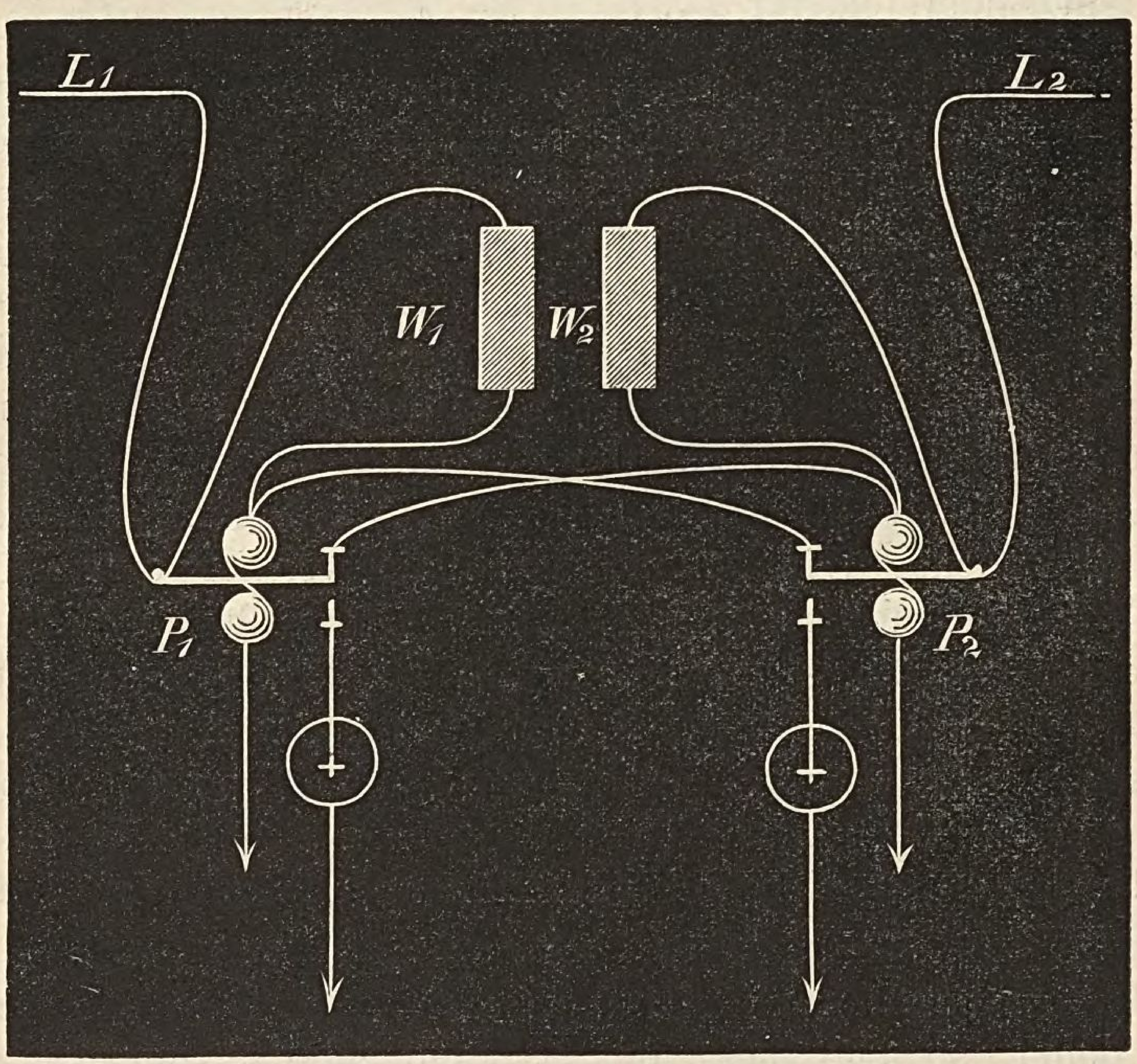


Fig. 151,

die Umwindungen des Relais P_1 gelangt, darf eine Bewegung der Zunge desselben zum Telegraphircontacte nicht bewirken, während der andere Theil desselben Hauptstromes das Relais P_2 in Betrieb setzen muss.

Uebertragung zwischen einer Ruhe- und einer Arbeitsstrom-Leitung. — Wenn auf einem Zwischenamte eine Ruhestrom-Leitung mit einer Arbeitsstrom-Leitung so verbunden werden soll, dass die Aemter der einen mit denen der anderen correspondiren können, so muss die Einrichtung der Art sein, dass zunächst durch Unterbrechung des in der Ruhe-

strom-Leitung circulirenden Stromes für die Arbeitsstrom-Leitung der Stromkreis geschlossen wird.

Hierzu würde die Verbindung genügen, welche wir für die Anwendung des Relais in den Ruhestrom-Leitungen kennen.

Amt *A* sei z. B. mit *B* durch eine Ruhestrom-, *B* mit *C* durch eine Arbeitsstrom-Leitung verbunden, dann wird bei der in Fig. 152 skizzirten Schaltung, so lange auf *A* Taste gedrückt, d. h. der Linienstrom zwischen *A* und *B* unterbrochen ist, der Hebel des Schreib-Apparates des Zwischenamtes *B* sich gegen den oberen Contact legen. Die Uebertragungs-Batterie *P*, welche mit diesem Contacte in leitender Verbindung steht, entsendet so lange Strom in die mit dem Körper

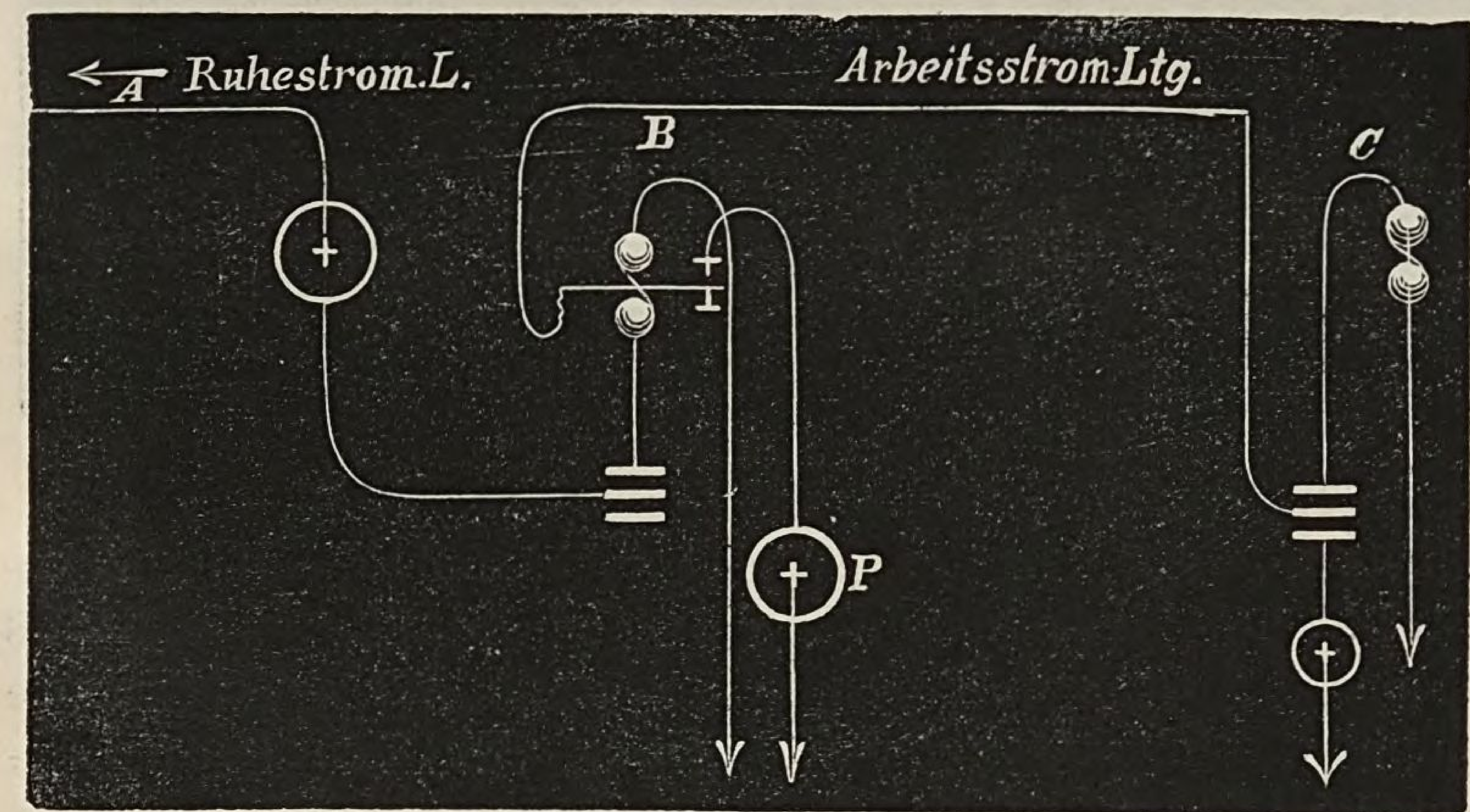


Fig. 152.

des Apparates verbundene Arbeitsstrom-Leitung, bis der Stromkreis der Ruhestrom-Leitung wieder hergestellt ist. Das Amt *A* kann also nach *C* hin sprechen. Wenn Amt *C* nach *A* antworten sollte, müsste dadurch, dass in *C* Taste gedrückt, d. h. Strom nach *B* entsendet wird, der Stromkreis *AB* unterbrochen werden.

Dies würde auf folgende Weise zu erreichen sein:

Der Ruhestromkreis ist durch den Körper und oberen Contact eines Relais *R* (s. Fig. 153), dessen Elektromagnet-Umwindungen zwischen Erde und Arbeitsstrom-Leitung gelegt sind, und durch die Umwindungen des Schreib-Apparates *F* geschlossen. Wird in *C* Taste gedrückt, so dass in den Umwindungen des Relais *R* Strom circulirt, so legt sich der

Hebel des Relais gegen den unteren Contact. Der Stromkreis *AB* ist durch den Zwischenraum des Relaishebels *R* und seines oberen Contactes unterbrochen, so dass auf dem Morse-Streifen des Amtes *A* das durch Tastendruck in *C* markirte Zeichen erzeugt wird.

Es lässt sich also ohne grosse Mühe und ohne Anwendung von Umschaltern die Verbindung einer Ruhestrom- mit einer

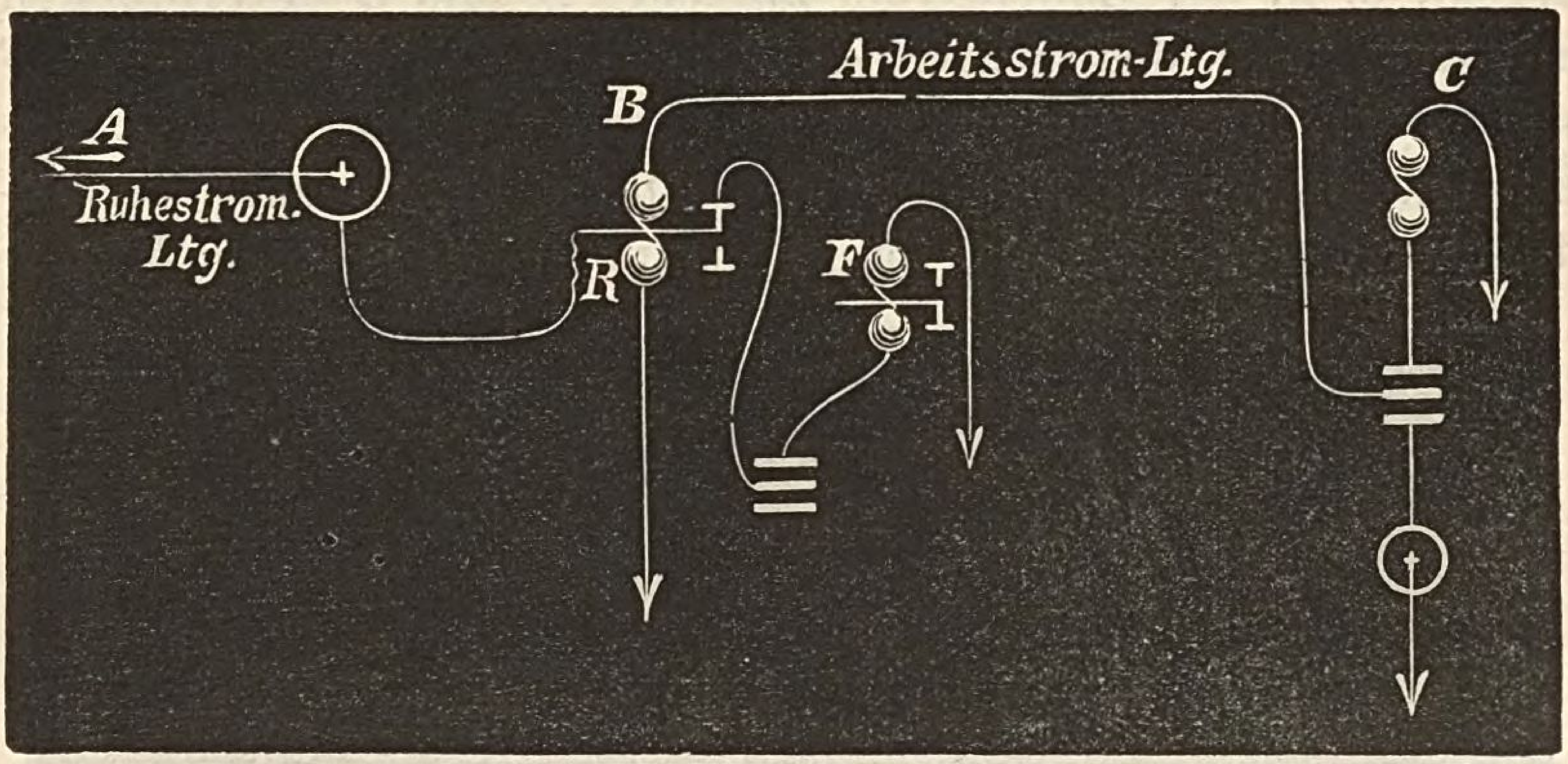


Fig. 153.

Arbeitsstrom-Leitung für ein einseitiges Correspondiren herstellen. Eine Combination der beiden in Fig. 152 und 153 gegebenen Stromlauf-Skizzen zu einem Systeme, welches ohne complicirte Manipulationen ein wechselseitiges Arbeiten ermöglicht, ist in Fig. 154 skizzirt.

Wenn in den beiden Umschaltern Nr. IV die linken Löcher zugestöpselt und die beiden Schienen des Umschalters Nr. III ebenfalls durch einen Stöpsel mit einander verbunden sind, dann ist zwischen der Ruhestrom-Leitung *RL* und der Arbeitsstrom-Leitung *AL* Correspondenz möglich. Der in *RL* circulirende Strom ist auf dem Zwischenamte durch die mittlere und linke Schiene des linken Umschalters Nr. IV, durch den oberen Contact und Körper des rechten Schreib-Apparates *A*, hintere Tastenschiene und Elektromagnet-Umwindungen des linken Apparat-Systemes und endlich durch den Stöpsel-Commutator und die Batterie *RB* geschlossen. Wird dieser Stromkreis durch Tastendruck eines Amtes in der Leitung *RL* unterbrochen, dann legt sich der Hebel des Apparates *RA* gegen den oberen Contact. Da derselbe durch die vordere Tasten-

schiene des rechten Systemes mit der Arbeitsstrom-Batterie *AB* verbunden ist, entsendet diese so lange, als *RL* unterbrochen ist, Strom über den Körper des Apparates *RA* und die linke und mittlere Schiene des mit *AL* verbundenen Umschalters in die Arbeitsstrom-Leitung.

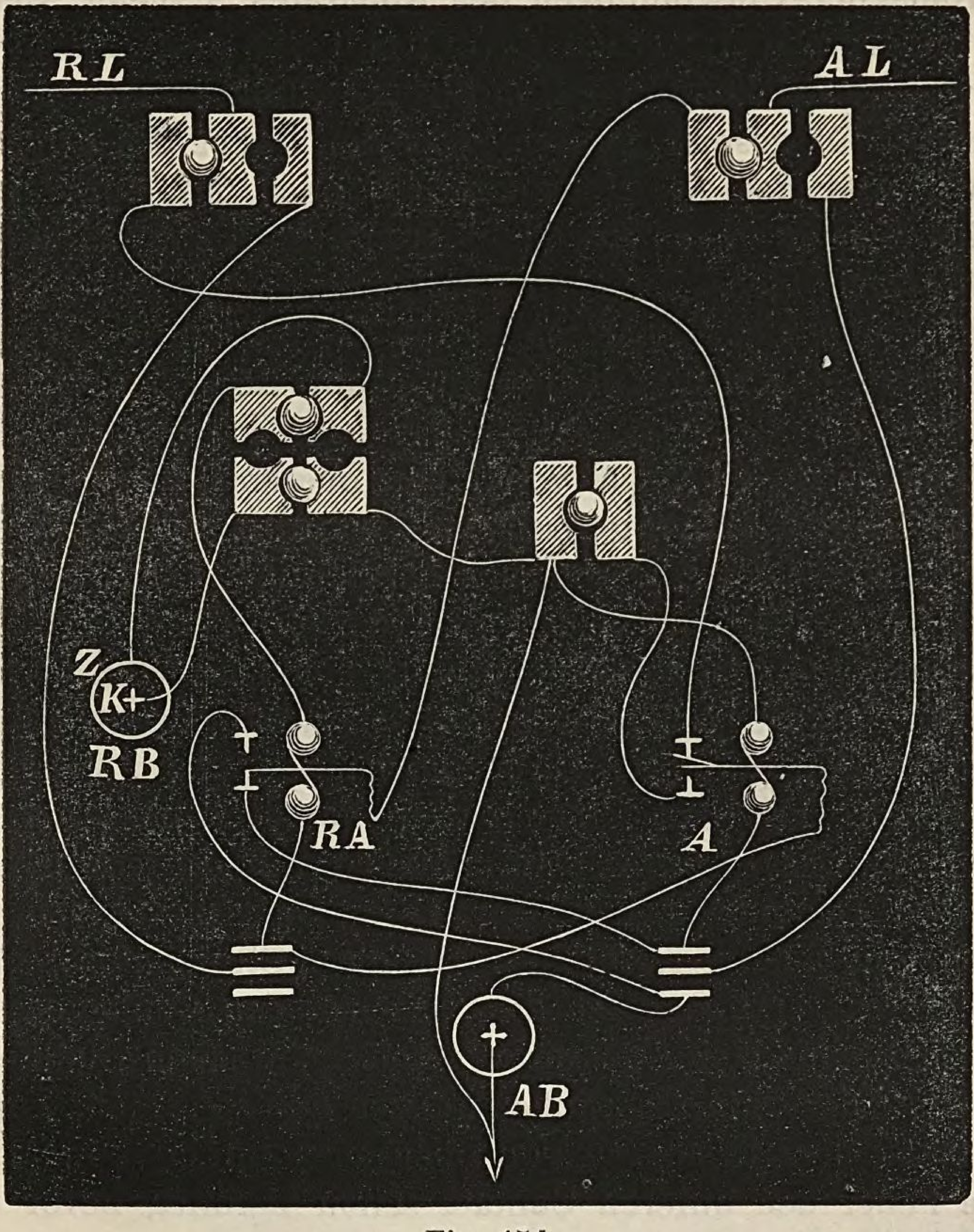


Fig. 154.

Will nun ein Amt letzterer Leitung über das hier skizzirte Zwischenamt hinaus mit einem Amte der Ruhestrom-Leitung *RL* sprechen, so nimmt der von ihr in die Leitung geschickte Strom seinen Weg über Umschalter Nr. IV rechts, Körper und unteren Contact des Apparates *RA* zur hinteren Tastenschiene rechts und durch die Umwindungen des Apparates *A* zur Erde. Der Anker von *A* wird angezogen und dadurch der Stromkreis von *RL* unterbrochen. Es werden in Folge dessen die Anker

aller in der Ruhestrom-Leitung befindlichen Schreib-Apparate losgelassen. Hierzu gehört auch der Apparat des Zwischenamtes *RA*. Da nun aber der Hebel desselben, so lange er mit dem unteren Contacte in metallischer Verbindung ist, dem von der Leitung *AL* kommenden Strome den Weg zu den Elektromagnet-Umwindungen des Apparates *A* bietet, welcher nicht unterbrochen werden darf, wenn aus der Leitung *AL* noch weitere Zeichen in die Ruhestrom-Leitung gelangen sollen, so muss dafür gesorgt werden, dass der Anker des Apparates *RA* während des Arbeitens von *AL* nach *RL* fortwährend von den Kernen angezogen bleibt, wenn auch die Leitung *RL* unterbrochen wird. Dies zu ermöglichen, ist zunächst der untere Contact des Apparates *A* mit der rechten Schiene des Umschalters Nr. III und bei Zustöpselung desselben mit Erde verbunden.

Wenn jetzt der Hebel von *A* den oberen Contact verlässt, wird die Leitung *RL* unterbrochen, der Strom aus der Batterie *RB* ergänzt nicht weiter den aus der Leitung *RL* kommenden Strom, findet aber durch den Apparat *RA* über den Körper und unteren Contact des Apparates *A* einen directen Weg zur Erde. In Folge dessen circulirt in den Elektromagnet-Umwindungen des Apparates *RA* Strom auch dann, wenn die Leitung *RL* unterbrochen ist. Einen Augenblick jedoch würde auch dieser Stromkreis geöffnet sein, nämlich den, in welchem der Hebel des Apparates *A* den oberen Contact verlassen und den unteren noch nicht erreicht hat. Um diese Stromunterbrechung möglichst zu verkürzen, ist das zwischen den Contacten spielende Hebelende des Apparates *A* mit schwachen Stahlfedern versehen. Die Contactschrauben müssen nun so gestellt werden, dass, wenn der Hebel sich von oben nach unten bewegt, die untere Feder den unteren Contact schon berührt, bevor noch die obere Feder den oberen Contact verlässt.

Der Stöpsel-Commutator, an dessen Stelle auch eine Wippe verwendbar, hat den Zweck, das Uebertragungs-System für beiderlei Ruhestrom-Leitungen, östliche und westliche, brauchbar zu machen. Bei der in Fig. 154 angedeuteten Stöpselung liegt der Zinkpol der Batterie *RA* an Leitung, der Kupferpol an Erde.

Für Trennstellung ist der Stöpsel aus Umschalter Nr. III zu entfernen, und in den Umschaltern Nr. IV sind die Stöpsel in das rechte Loch zu versetzen.

Wie schon erwähnt, hat bei der besprochenen Schaltung der Arbeitsstrom-Apparat sowohl den Ruhestromkreis zu unterbrechen, als auch in demselben Augenblicke für den Ruhestrom-Apparat einen neuen Stromkreis zu schliessen. Beides lässt sich gleichzeitig nur durch sorgfältige Regulirung des betreffenden Apparates und mit Hilfe besonderer, am Arbeitsstrom-Apparate angebrachter Contactvorrichtungen erreichen. Letztere würden entbehrlich sein, wenn die Nothwendigkeit, für den Ruhestrom-Apparat einen neuen Stromkreis herzustellen,

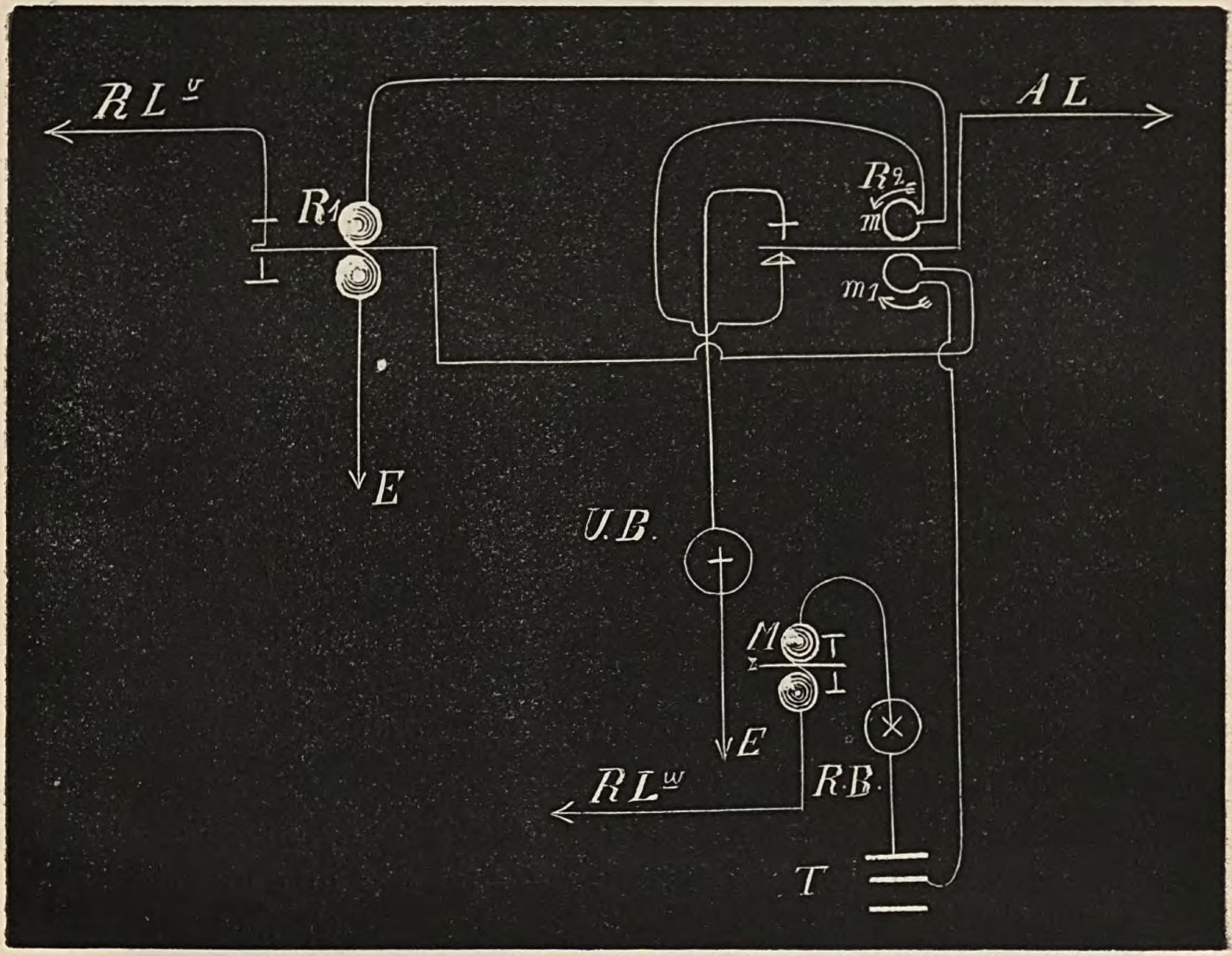


Fig. 155.

wegfiele, bezw. wenn man diese Aufgabe dem aus der Arbeitsstrom-Leitung ankommenden Strome übertragen könnte.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, habe ich das in Fig. 155 veranschaulichte Uebertragungssystem, welches gegenwärtig in der Deutschen Reichs-Telegraphen-Verwaltung Verwendung findet, entworfen: In demselben sind R_1 und R_2 zwei gewöhnliche Relais; die beiden Elektromagnetrollen des letzteren sind von einander getrennt und liegen in verschiedenen Stromkreisen.

Bei ruhender Correspondenz ist der Anker von R_2 unter der Einwirkung des die eine Drahtrolle durchfliessenden Ruhestromes angezogen. Ein aus der Arbeitsstromleitung ankommender Strom, welcher so gerichtet sein muss, dass er bei seinem Durchfliessen der zweiten Drahtrolle des Relais R_2 die Kerne desselben in gleichem Sinne, wie der Ruhestrom in der ersterwähnten Drahtrolle magnetisirt, hält den Anker von R_2 am unteren Contacte fest; die Ruhestromleitung $RL^o - RL^w$ aber wird unterbrochen, weil der aus AL ankommende Strom gleichzeitig die Drahtrollen des Relais R_1 durchfliesst und an demselben eine Ankeranziehung bewirkt. Der Schreibapparat M und mit diesem alle übrigen in der Ruhestromleitung liegenden Apparate — ausser dem Relais R_2 — sprechen an.

Wird auf irgend einem Amte der Ruhestromleitung letztere durch Tastendruck unterbrochen, so tritt auch in den Umwindungen des Relais R_2 Stromlosigkeit ein; der Anker desselben legt sich in Folge dessen gegen den oberen Contact und verbindet die Uebertragungsbatterie UB mit der Arbeitsstromleitung AL.

Uebertragung zwischen zwei Ruhestrom-Leitungen. — Durch das in Fig. 156 gegebene System soll den Aemtern zweier Ruhestrom-Leitungen, deren entgegengerichtete Ströme sich bei gewöhnlicher Verbindungsweise nicht ergänzen, sondern aufheben würden, die Möglichkeit zur direkten Correspondenz gegeben werden.

Sollen die Aemter zweier nach Osten gehenden Leitungen mit einander in Verkehr treten, so sind die in den drei Umschaltern Nr. IV und in den Commutatoren C_1 und C_2 angedeuteten Stöpselungen vorzunehmen.

Wird auf irgend einem Amte der Leitung L_1 der Strom unterbrochen, so legt sich der Hebel von A_1 gegen den oberen Contact und unterbricht dadurch auch den Stromkreis der Leitung L_2. Damit nun aber auch hier durch das Uebergehen des Hebels von A_2 zum oberen Contacte der Weg, welcher dem wieder eintretenden Strome von L_1 über unteren Contact und Hebel von A_2 bleiben muss, nicht unterbrochen werde, ist der obere Contact von A_1 durch den unteren Umschalter IV mit Erde verbunden und das Hebelende zwischen den Contacten

mit Federn versehen, so dass in den Elektromagnet-Umwindungen von A_2 Strom auch dann circulirt, wenn der Stromkreis der Leitung L_2 geöffnet ist. Wird auf dem betreffenden Amte der Leitung L_1 die Taste wieder losgelassen, so findet der wieder in die Leitung tretende Strom über den unteren Contact und Körper von A_2 einen Weg durch die Elektromagnet-Umwindungen von A_1, Commutator C_1 und Batterie B_1

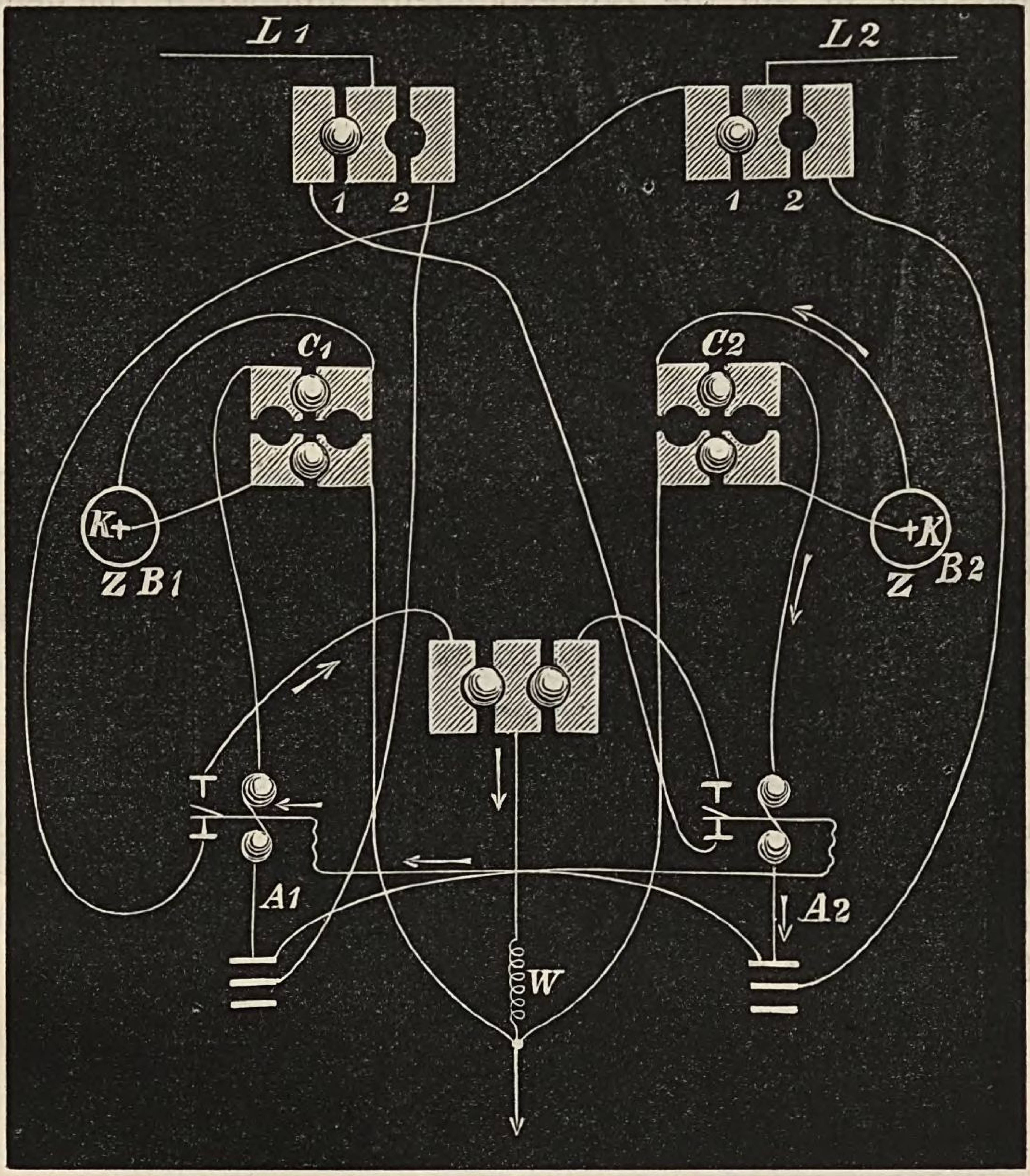


Fig. 156.

zur Erde. Der Hebel von A_1 legt sich wieder gegen den unteren Contact und schliesst auch den Stromkreis der Leitung L_2 bis zur nächsten Unterbrechung. Ganz in derselben Weise wird die Leitung L_1 unterbrochen, wenn und so lange auf einem Amte der Leitung L_2 Taste gedrückt ist. Um zu verhüten, dass jetzt die Elektromagnet-Umwindungen von A_1

stromlos werden, trägt auch das zwischen den Contacten spielende Hebelende des Apparates A_2 Federn und ist der obere Contact desselben ebenfalls mit Erde verbunden.

Wenn beim Aufwärtsgehen eines Apparathebels der in den Elektromagnet-Umwindungen des anderen Apparates circulirende Strom statt in die Leitung direct zur Erde geleitet wird, muss die Stärke dieses Stromes zunehmen; sie tritt schliesslich in ein die Correspondenz unmöglich machendes Verhältniss zur Stromeswirkung auf den durch die Leitung geschlossenen Apparat. Diesem zu begegnen, empfiehlt sich die Einschaltung eines künstlichen Widerstandes bei W. Liegt jetzt z. B. der Anker von A_1 gegen den oberen Contact, so geht aus der Batterie B_2 ein Strom vom Zinkpole aus in der Richtung des beigezeichneten Pfeiles durch die Umwindungen von A_2 und gelangt über den Körper und oberen Contact von A_1 und den unteren Umschalter Nr. IV erst zur Erde, nachdem er den Widerstand W überwunden hat. Legt sich der Hebel von A_1 wieder an den unteren Contact, dann wird der Stromkreis der Elektromagnet-Umwindungen von A_2 statt durch den künstlichen Widerstand W durch die Leitung L_2 geschlossen. Durch entsprechende Normirung des künstlichen Widerstandes lässt sich die Stromstärke für beide Correspondenz-Stadien gleich machen.

Will das Zwischenamt nach beiden Seiten Endstellung nehmen, dann sind die beiden Stöpsel aus dem unteren Umschalter Nr. IV zu entfernen und die der beiden oberen Umschalter IV nach rechts in Loch 2 zu versetzen. Der Stromlauf ist leicht zu verfolgen.

Schaltungen für Fernsprechsysteme mit Wecker.

Arbeitsstrom-Weckbetrieb. — Fig. 157 stellt die Einrichtung einer Endstelle für Fernsprech- und Arbeitsstrom-Weckbetrieb dar. Das System besteht aus dem Platten-Blitzableiter P, dem Spindel-Blitzableiter S, der Ein- und Ausschaltevorrichtung A, dem Fernsprecher F, dem Wecker G, einer Batterie und einer Taste. Für letztere verwendet man

die gewöhnliche Morsetaste, wenn das System nicht in einem Fernsprechgehäuse* untergebracht ist.

Die hier skizzirte Taste findet hauptsächlich in Fernsprechgehäusen Verwendung. Sie ist in denselben so angeschraubt, dass der Druckknopf aus der Vorderwand hervorragt. Ein Druck auf den Knopf entfernt die den Tastenhebel bildende Metallfeder vom Ruhecontacte, um sie mit dem Telegraphircontacte in Berührung zu bringen.

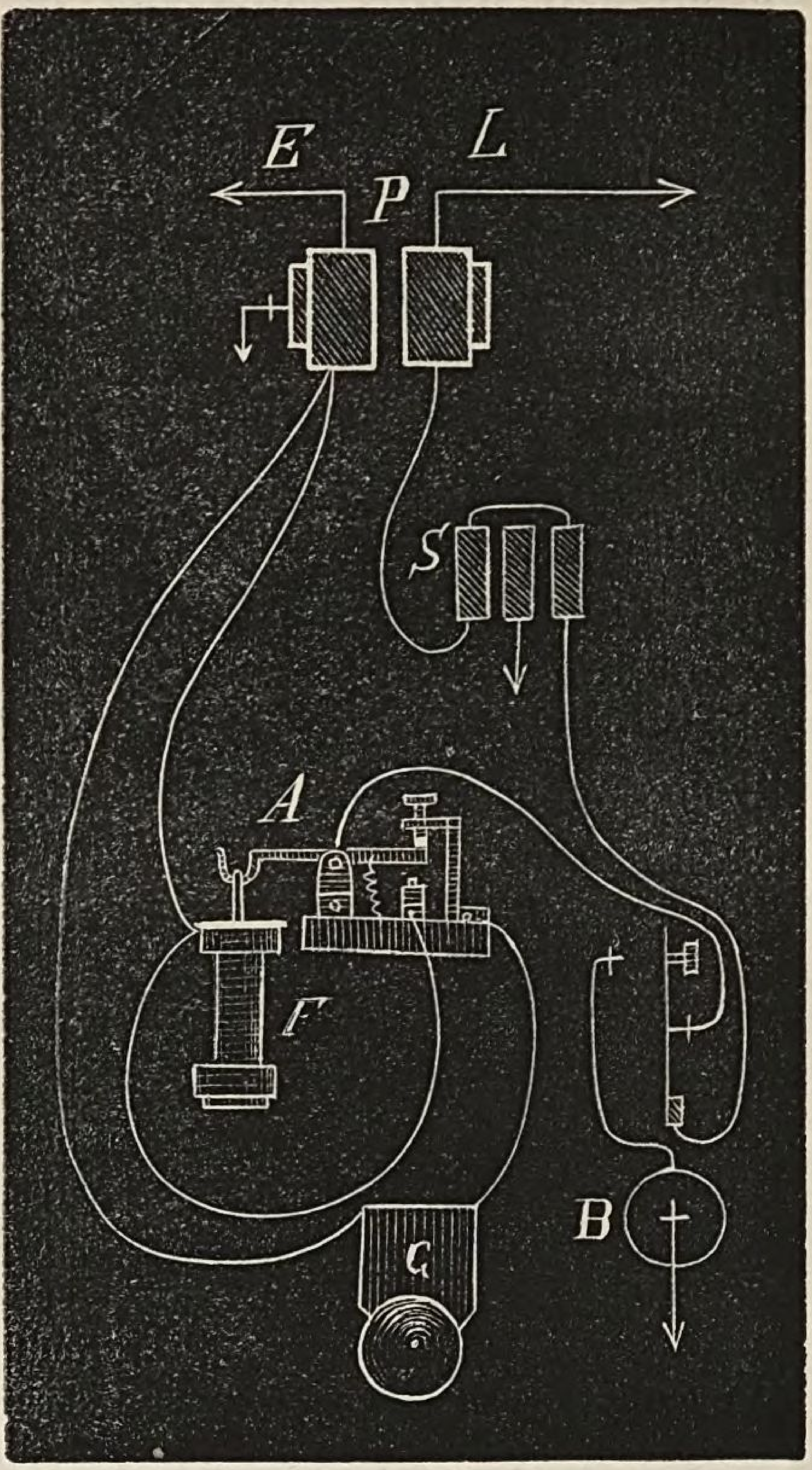


Fig. 157.

Die Ein- und Ausschaltevorrichtung besteht im Wesentlichen aus drei auf ein Grundbrett geschraubten Messingschienen, von denen die erste den Lagerständer für den vorn in einem Haken endenden, aus Stahl gefertigten zweiarmigen Hebel trägt, während die zweite Schiene einen Platincontact und die dritte Schiene den mit einer Contactschraube versehenen Anschlagständer aufnimmt. Das hintere Ende des Hebels ist

* Das Fernsprechgehäuse ist ein aus polirtem Nussbaumholz gefertigter Kasten mit zwei seitlich angebrachten Thüren. Drei auf dem Deckel des Kastens befindliche und mit den Buchstaben *L*, *B* und *E* bezeichnete Klemmen dienen zur Befestigung der Zuführungsdrähte von Leitung *(L)*, Batterie *(B)* und Erdleitung *(E)*. Im Kasten selbst sind untergebracht: der Spindel-Blitzableiter, die Ein- und Ausschaltevorrichtung, die Taste, ein Fernsprecher und zwei Klemmschrauben zur Aufnahme der Zuführungsdrähte bezw. der Leitungsschnur eines zweiten Fernsprechers, welcher ausserhalb des Kastens an dem aus seiner Vorderwand reichenden hakenförmig gebogenem Ende des Hebels der Ein- und Ausschaltevorrichtung hängt. Der

an den mit den Contacten der zweiten und dritten Schiene correspondirenden Flächen mit Platinplättchen versehen. Eine Spiralfeder, welche einerseits im Grundbrette, anderseits im hinteren Hebelarm befestigt ist, zieht letzteren gegen den (unteren) Platincontact, wenn der Fernsprecher vom Haken abgenommen ist. Ein aus der Leitung kommender Strom nimmt jetzt seinen Weg vom Platten- durch den Spindel-Blitzableiter und über die Taste zum Körper der Ein- und Ausschaltevorrichtung, um über den Hebel und unteren Contact derselben durch die Umwindungen des Fernsprechers zur Erde abzufliessen.

Hängt der Fernsprecher am Haken der Ein- und Ausschaltevorrichtung, so ist statt des Fernsprechers der Wecker in die Leitung geschaltet.

Wird der Tastenknopf gedrückt, so entsendet die Batterie *B* Strom über die Tastenfeder (bezw. den Tastenhebel), durch den Abschmelzdraht des Spindel-Blitzableiters *S* und über den Platten-Blitzableiter *P* in die Leitung.

im Kasten befindliche Fernsprecher ist an der Rückwand des Kastens mittels vier Holzschrauben befestigt. Sein Schalltrichter füllt eine entsprechende Oeffnung der Vorderwand des Fernsprechgehäuses aus.

Der Fernsprechwecker (s. Fig. 129) ist ausserhalb des Fernsprechgehäuses an der unteren Fläche desselben durch zwei Holzschrauben befestigt. An jeder Seite der oberen Kante seines Grundbrettes befindet sich eine Zuführungsklemme. Zwischen der ersten und zweiten Schiene des im Fernsprechgehäuse untergebrachten Spindel-Blitzableiters ragt aus diesem ein oben mit gereifeltem Kopfe versehener und in einem Schraubengewinde und Zapfen endender Messingstift hervor, welcher durch das Grundbrett des Spindel-Blitzableiters und die obere Kante des Grundbrettes des Weckers bis in die obere Wand des Schutzkastens für den Wecker reicht und den Zweck hat, eine seitliche Verschiebung dieses Schutzkastens zu verhüten. Um also den letzteren vom Wecker entfernen zu können, hat man erst jenen Messingstift hochzuschrauben und dann den Schutzkasten aus seinem Lager von links nach rechts zu schieben.

Mit dem unteren Contacte der Ein- und Ausschaltevorrichtung ist der eine Zuführungsdraht des im Gehäuse befindlichen Fernsprechers verbunden; der andere Zuführungsdraht desselben, sowie ein Zuführungsdraht des zweiten Fernsprechers werden von einer der beiden im Gehäuse befindlichen Klemmschrauben aufgenommen; die zweite Klemmschraube nimmt ausser dem noch freien Zuführungsdrahte des zweiten Fernsprechers einen zum Wecker und einen zur Klemme *E* (Erdleitung) führenden Draht auf. Alle übrigen Verbindungen sind die aus Fig. 157 ersichtlichen.

Liegen mehrere mit Weckern ausgerüstete Fernsprechstellen in einer Leitung, so ist für dieselbe der Ruhestrombetrieb zu empfehlen.

Ruhestrom-Weckbetrieb. — Fig. 158 und 159 zeigen eine Zwischen- und eine Endstelle mit Ruhestrom-Weckbetrieb. Die Verbindungen des für diese Schaltung zu verwendenden Weckers weichen von denjenigen des auf S. 230 beschriebenen Fernsprechweckers wesentlich ab: Das Grundbrett des Ruhestromweckers trägt an seiner oberen Kante drei Klemmen; von denselben nimmt die erste das eine Ende der Elektromagnet-Umwindungen, die mittlere das andere Ende derselben, sowie gleichzeitig eine Verbindung mit der Unterbrechungsfeder *F* (siehe Fig. 129) und die dritte Klemmschraube einen zum Gusseisenwinkel (Körper) des Weckers führenden Draht auf.*

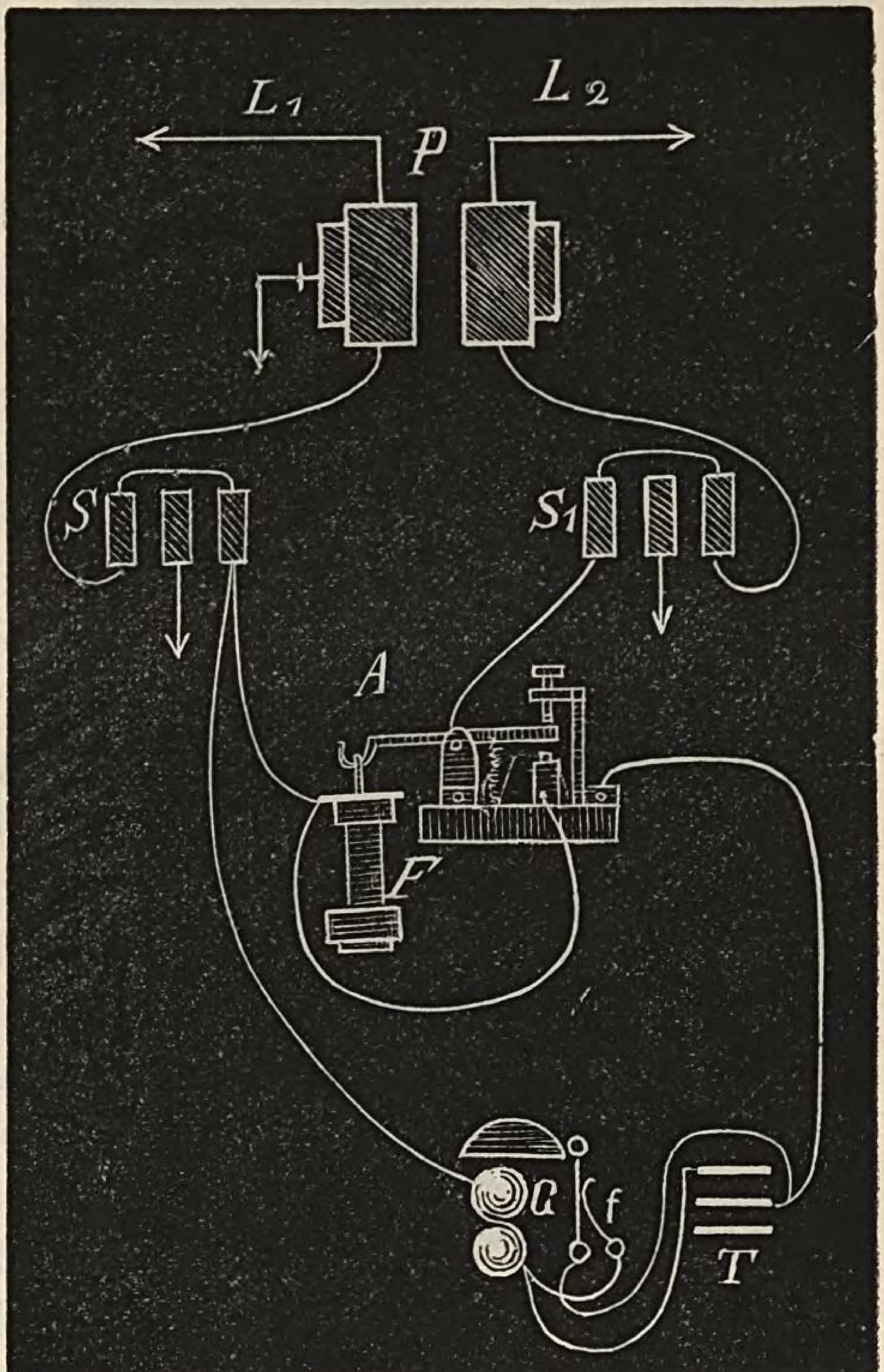


Fig. 158.

Für die in Rede stehende Schaltung verbindet man nun weiter Klemme 1 des Weckers, wie aus Figur 158 und 159 ersichtlich, mit der dritten Schiene eines Spindel-Blitzableiters, bezw. bei Endstellen mit der mit Erdleitung ver-

* An der Wirkungsweise des Weckers ändert sich nichts, wenn die dritte Klemme mit der isolirten Contactfeder und der Körper des Weckers mit dem an der mittleren Klemme liegenden Umwindungsende verbunden ist.

sehenen Leitungsplatte* des Platten-Blitzableiters, Klemme 2 mit der hinteren Schiene der Taste und Klemme 3 mit der mittleren Schiene (dem Körper) der Taste. Von letzterer ist ausserdem eine Verbindung mit dem oberen Contacte der Ein- und Ausschaltevorrichtung herzustellen. Die Zuleitungsdrähte des Fernsprechers sind einerseits mit dem unteren Contacte der Ein- und Ausschaltevorrichtung, anderseits mit derselben Schiene des Spindel-Blitzableiters, bezw. mit derjenigen Leitungsplatte des Platten-Blitzableiters, zu welcher bereits ein Draht von Klemme 1 des Weckers geführt ist, zu verbinden. Bei diesen und den übrigen aus Figur 158 und 159 leicht ersichtlichen Verbindungen fliesst, so lange sämmtliche Tasten in der Ruhelage sind, und wenn alle Fernsprecher an der Ein- und Ausschaltevorrichtung hängen, auf der Zwischenstelle der von einer Endstelle ausgehende Batteriestrom aus Leitung 1 über den Platten-Blitzableiter, den Spindel-Blitzableiter durch

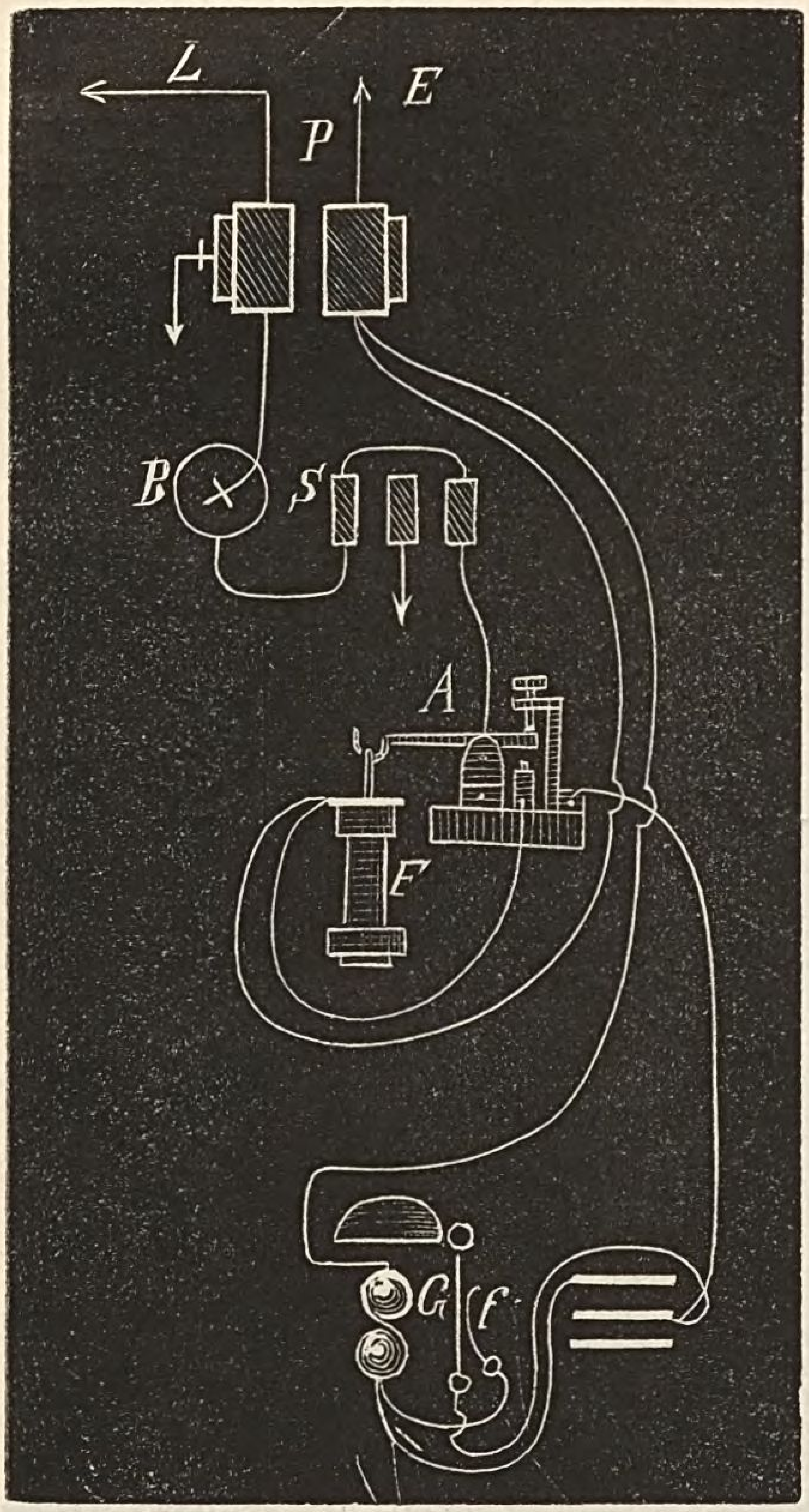


Fig. 159.

* Für jedes Endamt sind zwei Erdleitungen herzustellen; die eine derselben dient als Fortsetzung der Leitung und ist demgemäss an die zweite Platte des Blitzableiters zu legen; die andre Erdleitung hat die Gewitterelektricität auszugleichen und ist mit der seitlichen Klemme bezw. mit dem Rahmen des Platten- und mit der Mittelschiene des Spindel-Blitzableiters zu verbinden. Für beide Erdleitungen ist endlich eine Verbindung am Platten-Blitzableiter — zwischen seitlicher Klemme und Erdleitungsplatte — herzustellen.

die Elektromagnet-Umwindungen des Weckers, über hintere und mittlere Tastenschiene, oberen Contact und Körper der Ein- und Ausschaltevorrichtung, durch den zweiten Spindel-Blitzableiter und über den Platten-Blitzableiter in die Leitung 2. Auf der zweiten Endstelle nimmt der Batteriestrom* seinen Weg über den Platten-Blitzableiter, durch eine zweite, den Strom der ersten ergänzende Batterie und durch den Spindel-Blitzableiter zur Ein- und Ausschaltevorrichtung, von welcher aus er über mittlere und hintere Tastenschiene durch die Elektromagnet-Umwindungen des Weckers und über den Platten-Blitzableiter zur Erde gelangt. Wird bei einer der in die Leitung eingeschalteten Fernsprechstellen Taste gedrückt, so erfolgt eine Unterbrechung des Stromkreises, in Folge deren die Anker sämmtlicher Wecker sich von den Polen der Elektromagnetkerne entfernen. Diese Stromunterbrechung dauert aber nur so lange, als sich der Anker des Weckers der rufenden Stelle in der Schwebe befindet. Berührt derselbe die Feder *f*, so findet hier der Strom einen neuen Weg über jene und den Anker, sowie über den Körper der niedergedrückten Taste in die sonst nicht unterbrochene Leitung. Die Anker der Wecker werden wiederum angezogen u. s. w. Das schnelle Auf- und Niedergehen des Ankers mit dem an ihm befestigten Hammer erzeugt an der Glocke den bekannten Rasselton, welcher je nach der Dauer des Tastendruckes lange oder kurz anhaltend ist. Man kann hiernach verschiedene Zeichen geben, bezw. für jede in der Leitung liegende Fernsprechstelle besondere Signale vereinbaren. Die durch ein solches angerufene Fernsprechstelle antwortet zunächst ebenfalls durch entsprechendes Tastendrücken mit einem Glockenzeichen, worauf beide correspondirende Stellen die Fernsprecher aus den Haken der Ein- und Ausschaltevorrichtung nehmen und hierdurch jene behufs Uebermittelung von Telegrammen statt der Wecker in die Leitung einschalten.

* Es ist hier vorausgesetzt, dass nur die beiden Endstellen mit Batterie versehen sind. Dies ist auch für Leitungen mit wenig Zwischenstellen ausreichend. Beim Vorhandensein einer grösseren Anzahl von Zwischenstellen empfiehlt es sich aber, eine oder mehrere derselben ebenfalls mit Batterien auszurüsten. Dieselben sind zwischen Platten-Blitzableiter und einen der beiden Spindel-Blitzableiter zu schalten.

Beim Einstellen der Ruhestromwecker darf der Spielraum für den Anker, d. h. die Entfernung des von den Kernen angezogenen Ankers von der Feder *f* nicht zu gering bemessen werden, da sonst die Dauer der Stromunterbrechung eine zu kurze wird und in Folge dessen die Anker einzelner Wecker der Leitung „kleben", d. h. von den Kernen nicht losgelassen werden.

Weckbetrieb mit Magnet-Inductor. — Bei der in Fig. 160 skizzirten Schaltung einer Zwischenstelle mit In-

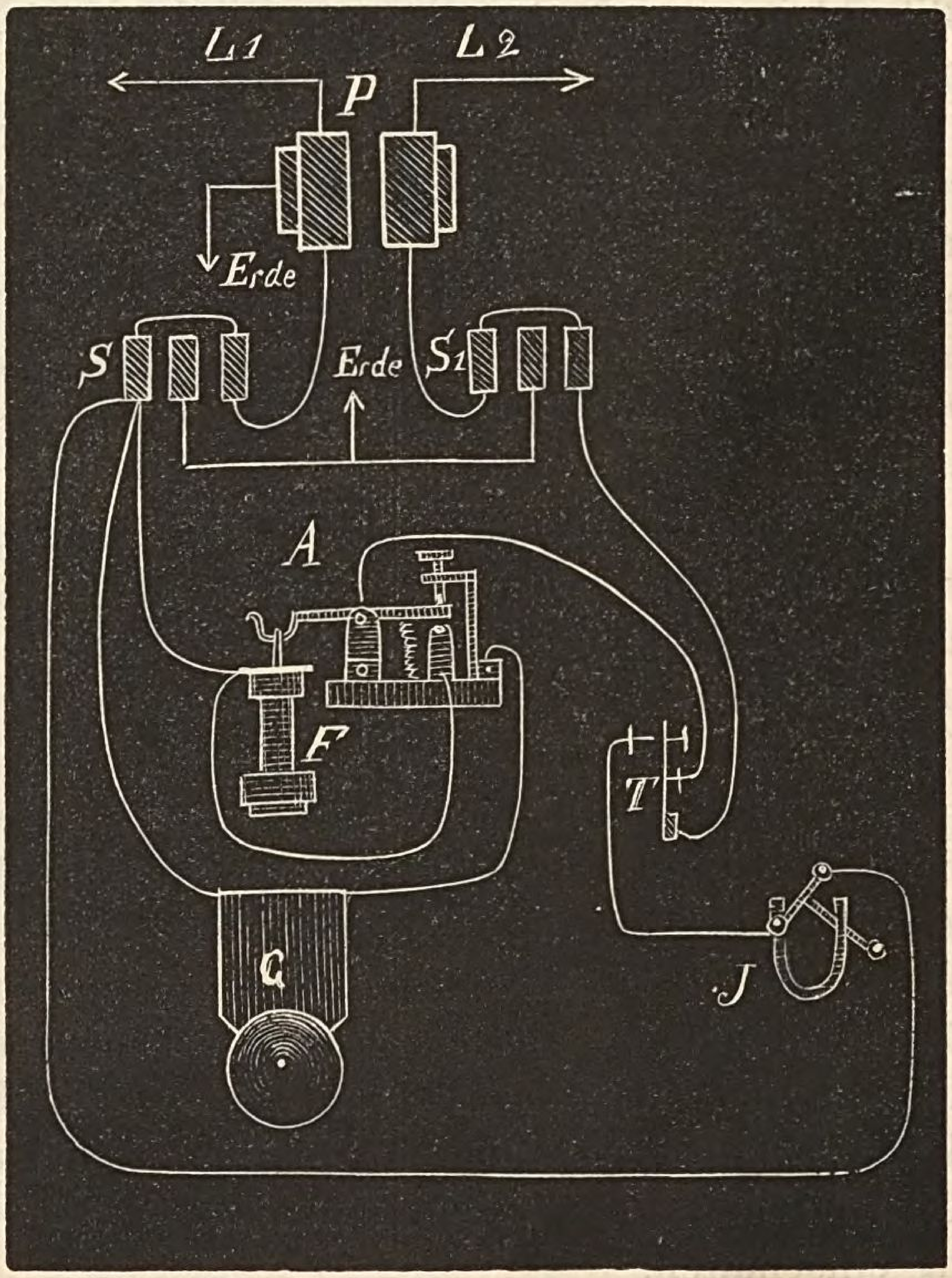


Fig. 160.

ductionsweckbetrieb fliesst ein aus Leitung L_2 ankommender Inductionsstrom über die rechte Platte des Blitzableiters *P*, durch den Spindel-Blitzableiter S_1, über die ruhende Taste *T*, den Körper und oberen Contact der Ein- und Ausschaltevorrichtung *A* durch den Wecker *G*, den Spindel-Blitzableiter *S* und über den Platten-Blitzableiter in die Leitung L_1. Der

Wecker *G* spricht an. Wird der Fernsprecher *F* ausgehakt, dann zieht die Feder der Ein- und Ausschaltevorrichtung den Hebel derselben gegen ihren unteren Contact; der Fernsprecher ist jetzt zum Abgeben bezw. Empfangen von Telegrammen in die Leitung geschaltet, der Wecker dagegen ausgeschaltet.

Zur Erzeugung des Stromes für den Weckbetrieb dient der S. 139 beschriebene Magnet-Inductor, dessen Körper mit dem Telegraphircontacte der Taste *T* leitend verbunden ist. Von der gegen das stählerne Contactstück *r* des Inductors (s. Fig. 72) drückenden Metallfeder führt eine Drahtverbindung zu derjenigen Schiene des Spindel-Blitzableiters *S* (s. Fig. 160), welche gleichzeitig die Zuführungen zum Wecker und Fernsprecher aufnimmt. Behufs Entsendung eines Weckstromes in die beiden Leitungszweige L_1 und L_2 drückt man zunächst mit der linken Hand auf den Knopf der Taste *T*, so dass sich der federnde Hebel derselben vom Ruhecontacte entfernt und gegen den Telegraphircontact legt. Dreht man gleichzeitig mit der rechten Hand die Kurbel des Inductors, so fliessen die hierdurch erzeugten Inductionsströme einerseits durch den Spindel-Blitzableiter *S* und über die linke Platte des Platten-Blitzableiters *P* in die Leitung L_1, anderseits über Telegraphircontact und Körper der Taste *T* durch den Spindel-Blitzableiter S_1 und über die rechte Platte des Platten-Blitzableiters in die Leitung L_2.

In Folge Niederdrückens der Taste sind Fernsprecher und Wecker ausgeschaltet. Letzterer spricht also auf der rufenden Stelle nicht an.

Bei Endstellen fällt der Spindel-Blitzableiter *S* weg; die betreffenden Enden der Elektromagnetrollen von Wecker und Fernsprecher, sowie die Metallfeder des Inductors werden durch ihre Zuführungsdrähte unmittelbar mit der mit einer Erdleitung versehenen linken Platte des Blitzableiters verbunden.

Spindel-Blitzableiter, Ein- und Ausschaltevorrichtung, Taste, Inductor und ein Fernsprecher dieses Systemes sind in ähnlicher Weise, wie dies bereits für Systeme mit Batterieweckbetrieb (vgl. Anm. auf S. 265) beschrieben wurde, in einem Fernsprechgehäuse untergebracht. Aus demselben ragt nur der Tastenknopf, die abschraubbare Kurbel des Inductors und das hakenförmige Hebelende der Ein- und Ausschaltevorrichtung (zum Anhängen des zweiten Fernsprechers) hervor.

Fernsprechgehäuse mit Mikrophon. — Während an den gewöhnlichen Fernsprechgehäusen (vgl. Anm. auf S. 265) zwei Seitenthüren angebracht sind, hat das Gehäuse mit Mikrophon nur eine, die Vorderwand abschliessende Thür. Auf eine kreisrunde Oeffnung derselben ist der muschelförmige Schalltrichter aus Holz mittels Schrauben befestigt; die hinter dem Schalltrichter sitzende Membran (eine elastische Holzplatte) ist auf der vorderen Fläche schwarz lackirt, auf der den Kohlencontacten zugewendeten Fläche aber mit einem durchsichtigen Firnissanstrich versehen. In dem Gehäuse befinden sich ausser dem Mikrophon, dessen Einrichtung auf S. 226 beschrieben ist, der zu demselben gehörige kleine Inductor, die Ein- und Ausschaltevorrichtung, eine Taste, ein Spindel-Blitzableiter und ein Fernsprechwecker. An dem aus der linken Seitenwand des Gehäuses herausragenden Haken der Ein- und Ausschaltevorrichtung hängt ein Fernhörer mit seitlichem Schalltrichter. Ein an der rechten Seitenwand des Gehäuses festgeschraubter Haken dient zum Aufhängen eines zweiten Fernhörers. Letzterer ist nicht unbedingt erforderlich; das Hören wird aber sehr erleichtert, wenn man vor jedes Ohr einen Fernhörer hält.

Zur Aufnahme der Leitungs-Batterie- und Erdleitungsdrähte sind auf der oberen Decke des Gehäuses die mit *L*, *B* und *E* bezeichneten Klemmen angebracht. Erdklemmen sind meistentheils zwei vorhanden: an die eine ist die Zuführung zur Leitungs-, an die andere die Zuführung zur Blitzableitererde zu legen (vgl. Anm. auf S. 268).

Bei dem Mikrophonsystem für Arbeitsstrom-Weckbetrieb (s. Fig. 161) fliesst der aus der Leitung *L* kommende Strom über Klemme *L*, Spindel-Blitzableiter *S*, Körper und Ruhecontact der Taste *T*, Körper, Hebel und oberen Contact der Ein- und Ausschaltevorrichtung *A* durch die Umwindungen des Weckers *G* zu der im Gehäuse befindlichen Klemme k_1 und von derselben über eine der beiden Klemmen *E* zur Erde. Wird auf das ertönende Weckerzeichen der Fernhörer vom Haken der Ein- und Ausschaltevorrichtung abgenommen, wonach sich der Hebel der letzteren gegen den unteren Contact *b* legt, dann nehmen die ankommenden Sprechströme bis zum Hebel der Ein- und Ausschaltevorrichtung den vorher für den Weckstrom angedeuteten Weg, um jetzt von hier

aus über den Contact *b*, durch die secundäre Rolle des Inductors *J*, die Umwindungen des Fernhörers *F* (und wenn ein zweiter Fernhörer vorhanden ist, auch durch diesen) und über die Klemme k_1 zur Erde zu gelangen. Bei Tastendruck fliesst ein abgehender Weckstrom über den Telegraphir-

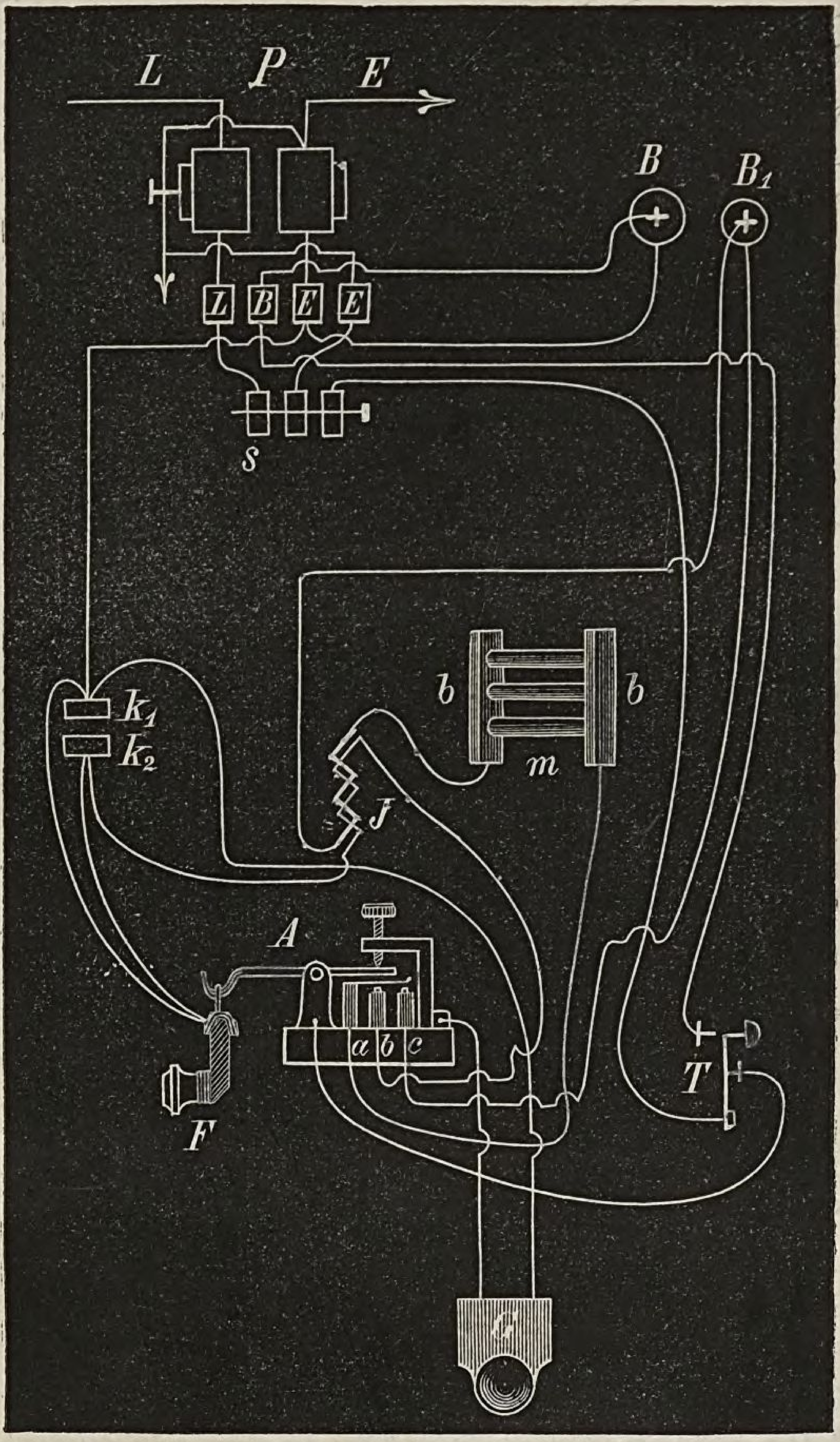


Fig. 161.

contact und Hebel der Taste zum Spindel-Blitzableiter und durch denselben in die mit der Klemme *L* verbundene Leitung.

Damit die Mikrophonbatterie nicht fortwährend geschlossen ist, sind für dieselbe an der Ein- und Ausschaltevorrichtung die beiden Metallständer *a* und *c* angebracht; ersterer trägt eine Blattfeder, welche bei aufgehängtem Fernhörer mit dem

einen Platincontact tragenden Ständer *c* keine Verbindung hat. Wird aber der Fernhörer vom Haken genommen, so senkt sich der rechte Hebelarm von *A*, und ein an demselben seitlich

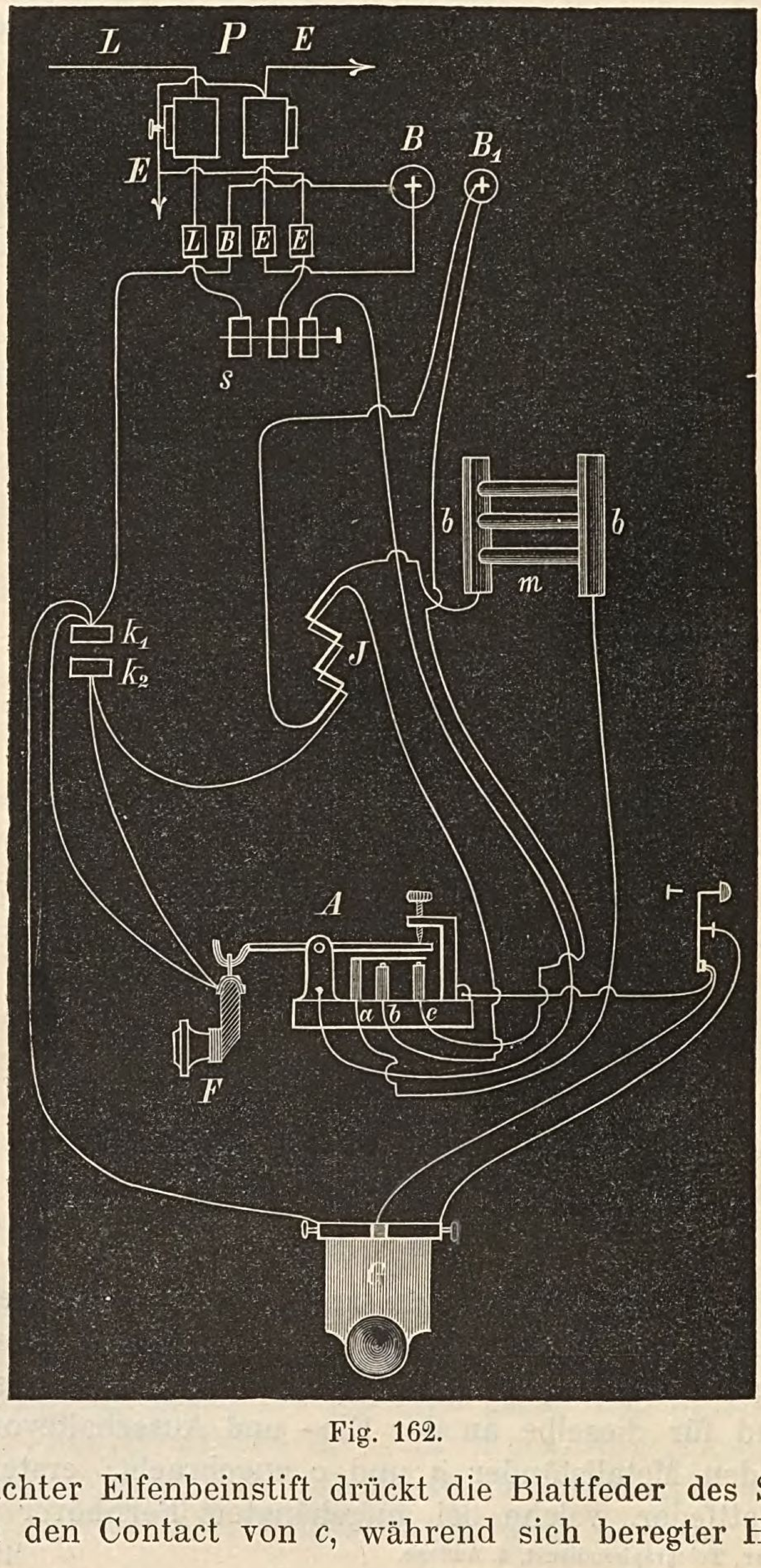


Fig. 162.

angebrachter Elfenbeinstift drückt die Blattfeder des Ständers *a* gegen den Contact von *c*, während sich beregter Hebelarm

der Ein- und Ausschaltevorrichtung selbst gleichzeitig auf den unteren, gegen die Ständer *a* und *c* etwas zurückliegenden Contact *b* legt. Wird nun — bei abgenommenem Fernhörer — gegen die Membran des Mikrophons gesprochen, so übertragen sich die Schwingungen derselben auf die Kohlencontacte von *m*. Der aus der Mikrophonbatterie B_1 durch die primäre Rolle des Inductors, über die Kohlencontacte, über Ständer *a*, Blattfeder und Ständer *c* der Ein- und Ausschaltevorrichtung zur Mikrophonbatterie zurückfliessende Strom erleidet Schwankungen, welche in der secundären Rolle des Inductors neue Ströme hervorrufen. Dieselben gelangen einerseits durch die Fernhörer des Amtes, auf welchem gesprochen wird, zur Erde, anderseits über Ein- und Ausschaltevorrichtung, Taste, Spindel-Blitzableiter und durch die Leitung zur empfangenden Stelle.

Fig. 162 stellt ein Mikrophonsystem für Endstellen mit Ruhestromweckbetrieb dar. Die Verbindungen sind für die Sprech- und Hörapparate im Allgemeinen dieselben, wie im vorher beschriebenen System. Bezüglich der Weckerschaltung sei auf die S. 267 gegebene Besprechung des Ruhestromweckbetriebes hingewiesen, aus welcher sich gleichzeitig die Verbindungen für Zwischenämter ergeben. Bei letzteren tritt die zweite Leitung an Stelle der Leitungserde (Fig. 162). Der neu hinzutretende Spindel-Blitzableiter ist zwischen dritte Klemme des Gehäuses und Batterie, bezw. Klemme k_1 geschaltet.

Eckschaltung für Ruhestromweckbetrieb. — Von drei in ein Amt einmündenden Fernsprechleitungen mit Ruhestromweckbetrieb lassen sich bei der in Fig. 163 dargestellten Schaltungsweise je zwei Leitungen beliebig mit einander verbinden, wobei das Fernsprechgehäuse I zum Mithören zwischen dieselben geschaltet wird; die jedesmal frei bleibende dritte Leitung erhält Verbindung mit dem Gehäuse II für Endstellen.

Bei Stöpselung im Umschalter Nr. VII

von	Loch	1, 5, 6	ist	Leitung *b*	mit	Leitung *c*,
„	„	2, 3, 7	„	„ *a*	„	„ *c*,
„	„	3, 4, 5	„	„ *a*	„	„ *b*

verbunden.

Mittels des Stöpsel-Commutators ist, je nachdem Ltg. *a* mit Ltg. *b* oder mit Ltg. *c* Verbindung erhält, durch Stöpselung der Löcher 2 und 3 bezw. 1 und 4 der auf dem Vermittelungs-

amt für Ltg. *a* aufzustellenden Batterie die erforderliche Polschaltung zu geben.

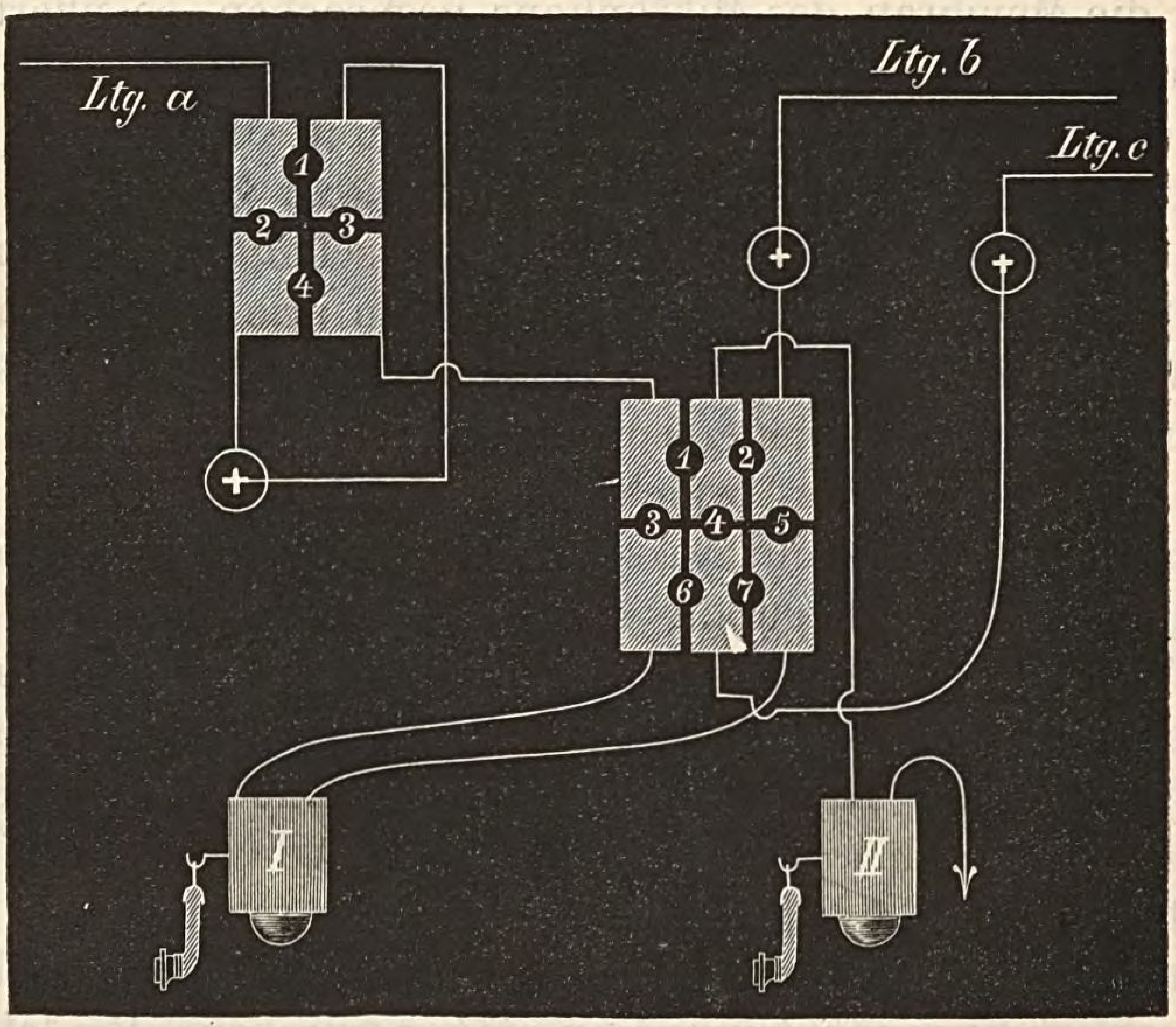


Fig. 163.

Das telegraphische Gegensprechen. — Unter Gegensprechen versteht man die gleichzeitige Beförderung zweier Telegramme auf einem Drahte in entgegengesetzter Richtung. Um eine solche zu ermöglichen, müssen die Empfangsapparate immer in die Leitung eingeschaltet sein, dürfen aber nicht unter der Einwirkung der abgehenden Ströme ansprechen.

Es sind daher zunächst Vorkehrungen zu treffen, dass die Wirkung des abgehenden Stromes auf den beim gebenden Amte eingeschalteten Schreibapparat durch irgend welche Gegenwirkung aufgehoben werde. Letzteres erzielt man entweder dadurch, dass man jeder Spirale zwei Umwickelungen giebt und durch beide beim Tastendrucke Ströme (bezw. Zweigströme) sendet, welche sich in ihrer Wirkung auf die Kerne aufheben, oder dadurch, dass man künstliche Widerstände mit der Leitung zu einem Wheatstone'schen Systeme combinirt, und den Apparat in dessen Brücke schaltet. Die Widerstände werden dann so regulirt, dass durch die Brücke des gebenden

Amtes eine elektrische Ausgleichung nicht stattfindet, wenn von jenem aus allein Strom in die Leitung tritt.

Bei jeder der hieraus sich ergebenden Methoden halten sich also zwei abfliessende Ströme in ihren Wirkungen das Gleichgewicht. Dasselbe wird gestört, sobald der Schreibapparat eines Amtes von einem abgehenden und einem ankommenden Strome gleichzeitig beeinflusst wird.

Gegensprech-Methode von Gintl. — Der Erste, welcher die Idee des Gegensprechens realisirte, war Gintl. Das von ihm im Jahre 1853 erfundene System ist in Fig. 164 dargestellt. m und n auf Amt I und m_1 und n_1 auf Amt II bedeuten die Elektromagnet-Umwindungen von Relais. Je nachdem dieselben in gleichem oder entgegengesetztem Sinne gewickelt sind, werden die Ausgleichungsbatterie AB und die Linienbatterie LB mit gleichnamigen oder ungleichnamigen

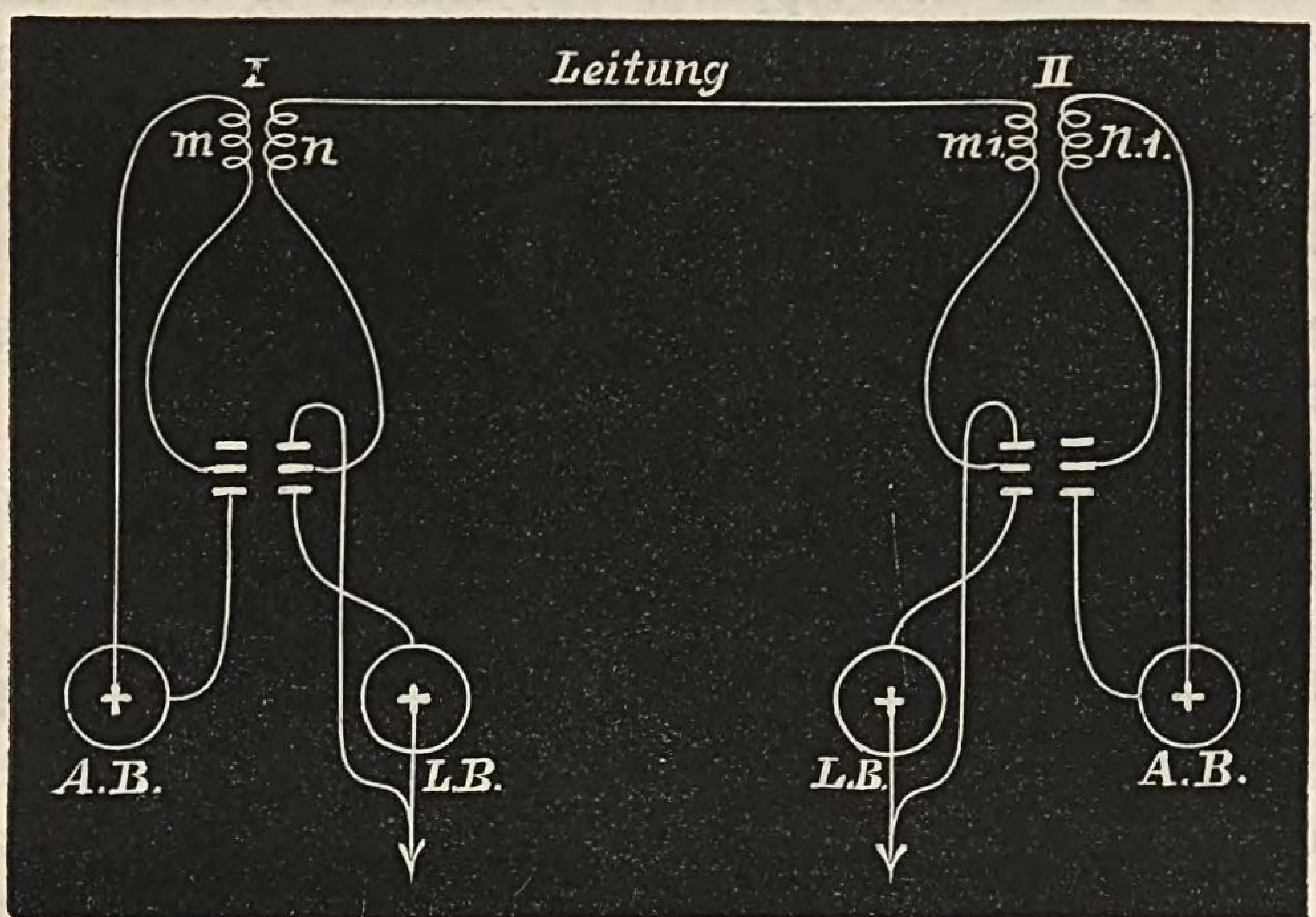


Fig. 164.

Polen an die Telegraphirschienen der Taste gelegt. Diese, eine sogenannte Doppeltaste, ist so eingerichtet, dass beim Niederdrücken des Knopfes gleichzeitig beide Batterien (die Ausgleichungsbatterie und die Linienbatterie) geschlossen werden. Letztere entsendet Strom durch die Umwindungen n in die Leitung, und erstere ist bezüglich ihrer Stärke so eingerichtet, dass ihr Strom, welcher in der Spirale m die Kerne in entgegengesetzter Richtung des Linienstromes umkreist, letzteren in seiner magnetisirenden Wirkung aufhebt. Wird

also z. B. auf Amt I Taste gedrückt, so gelangt der Strom der Linienbatterie, ohne die Kerne des daselbst aufgestellten Relais magnetisch zu machen, durch die Leitung nach Amt II, wo er durch die Umwindungen m_1 und über die zweite und dritte Tastenschiene zur Erde abfliesst. Der Apparat auf Amt II spricht also an. Wird hier nun gleichzeitig Taste gedrückt, so heben sich die Ströme aus den mit gleichen Polen an Erde liegenden Linienbatterien der Endämter auf; in den Umwindungen n und m_1 circulirt in Folge dessen kein Strom, dagegen wirken die in den Umwindungen m und n_1 circulirenden Ströme der Ausgleichungsbatterien magnetisirend. Beide Relais sprechen daher an, aber nur so lange, als auf beiden Aemtern gleichzeitig Taste gedrückt ist. Wird dieselbe auf Amt I freigelassen, so tritt von Amt II aus wieder Strom in die Leitung und hebt die Wirkung des Ausgleichungsstromes in n_1 auf. Durch den Apparat des Amtes II wird also nur das von der Dauer des Tastendrucks in Amt I abhängige Zeichen markirt; dagegen bleibt auf Amt I der Anker angezogen, indem jetzt an Stelle des Stromes der Ausgleichungs-Batterie der Strom der Linien-Batterie von Amt II die Kerne magnetisch macht, bis auch auf letztgenanntem Amte die Taste losgelassen wird.

Wie ist es aber in dem Augenblicke, in welchem z. B. während des Tastendruckes auf Amt I der Tastenhebel von Amt II schwebt, d. h. den Körper weder mit der vorderen noch hinteren Schiene verbindet? Der Linienstrom von Amt I findet dann in Amt II keinen Weg zur Erde, kann sich deshalb nicht entwickeln und wird weder auf Amt II ein Zeichen erzeugen, noch auf Amt I die magnetisirende Wirkung der Ausgleichungsbatterie aufheben. — Zu diesem Uebelstande der Gintl'schen Gegensprech-Methode kommt noch der, dass theils die Veränderlichkeit des Leitungswiderstandes, theils die Inconstanz der Batterien das nothwendige Gleichgewicht der magnetisirenden Kräfte für die Dauer in Frage stellt.

In der Zeichnung liegen die Linien-Batterien mit gleichen Polen an Leitung. So muss die Schaltung sein, wenn beim gleichzeitigen Tastendrucke auf beiden Aemtern der Linienstrom sich nicht entwickeln soll. Ein Gegensprechen müsste indessen auch erzielt werden, wenn die Linienbatterien mit

ungleichen Polen an Leitung lägen. Dann würde bei gleichzeitigem Tastendrucke auf beiden Aemtern der aus den beiden sich ergänzenden Batterien in der Leitung und den Umwindungen n und m_1 circulirende Linienstrom den der Ausgleichungsbatterien in seiner magnetisirenden Wirkung überwiegen, und die Anker würden auf beiden Aemtern mit einer der Differenz der bezüglichen Stromeswirkungen proportionalen Kraft angezogen werden.

Gegensprechen nach der Differential-Methode. — Bei diesem Systeme, welches Siemens-Halske und Frischen im Jahre 1854 unabhängig von einander für das Gegensprechen zweier Endämter aufgestellt haben, kommen sowohl die Ausgleichungsbatterien, als auch die Doppeltaste in Wegfall. Die Apparatverbindungen auf den Aemtern sind aus Figur 165 ersichtlich.

m und n (bezw. n_1 und m_1) sind wiederum die beiden Spiralen (Ausgleichungsspirale und Linienspirale) der Relais,

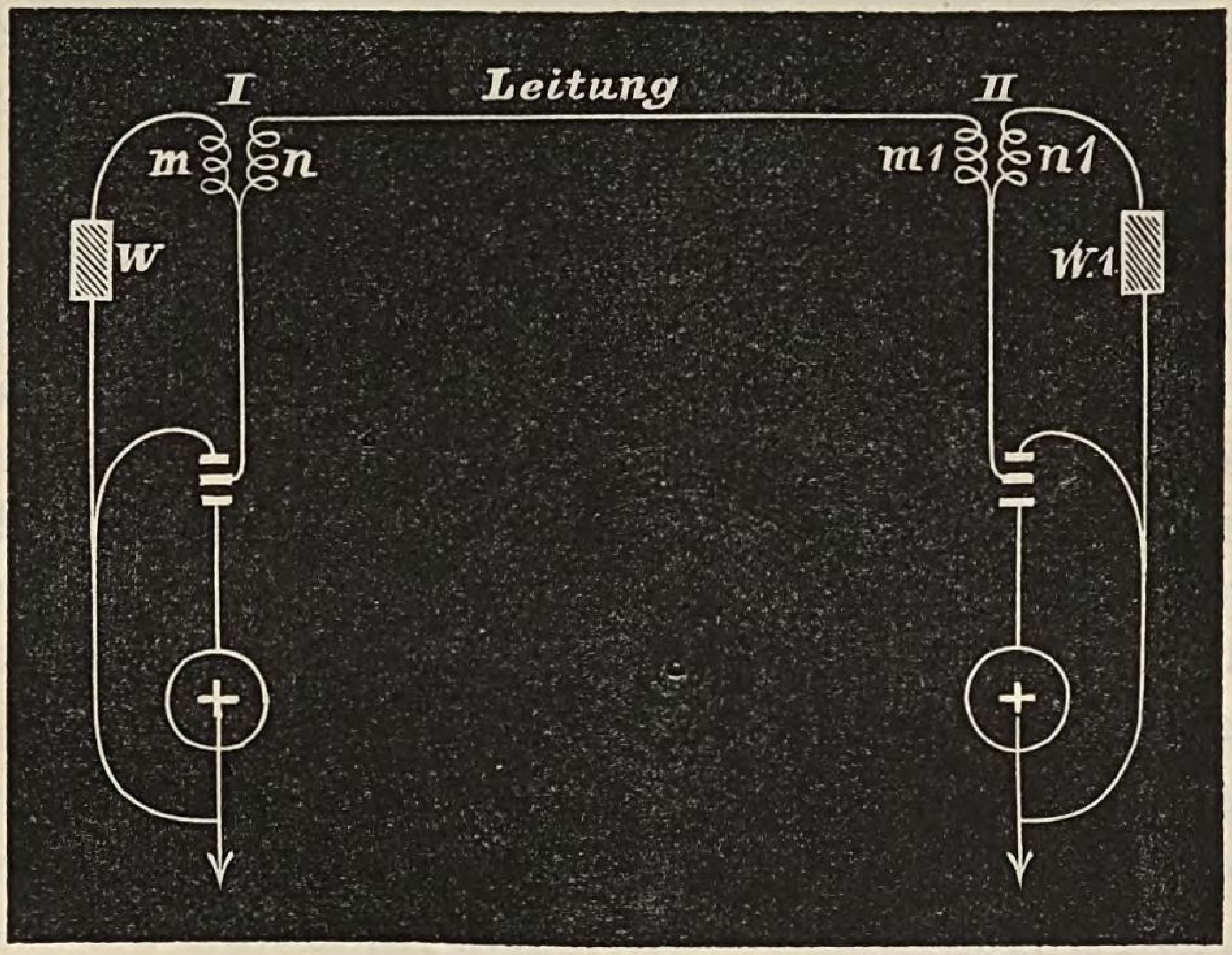


Fig. 165.

W und W_1 zwei regulirbare Widerstände. Wird auf Amt I Taste gedrückt, so verzweigt sich der Strom: Ein Theil gelangt durch die Umwindungen n in die Leitung, der andere durch die Umwindungen m und den künstlichen Widerstand zur Erde. Ist der Widerstand W so regulirt, dass die Stromstärke in m

gleich der in n ist, so heben sich beide Zweigströme, da die Drähte im entgegengesetzten Sinne, aber mit gleicher Umwindungszahl um die Kerne gewickelt sind, in ihrer magnetisirenden Wirkung auf.

Der Apparat des gebenden Amtes spricht in Folge dessen nicht an. Der von der Leitung auf Amt II ankommende Strom umkreist, wenn daselbst die Taste ruht, in den Umwindungen m_1 die Kerne des Relais und macht dieselben magnetisch.

Wird auf Amt II gleichzeitig Taste gedrückt, so heben, wenn die gleich starken Batterien beider Aemter mit gleichen Polen an Leitung liegen, die Linienströme sich auf, und die Relais sprechen unter dem Einflusse des Zweigstromes in den Ausgleichungs-Spiralen an. Liegen die Batterien mit ungleichnamigen Polen an Leitung, so wirkt der überwiegende Linienstrom magnetisirend auf die Kerne.

Bei dieser Schaltung wird nicht, wie bei der Gintl'schen, durch die Bewegung des Tastenhebels auf einem Amte der Strom der anderen unterbrochen, letzterer gelangt vielmehr, so lange sich ein Tastenhebel in der Schwebe befindet, durch beide Umwindungen hintereinander und den künstlichen Widerstand zur Erde.

Die Methode der Wheatstone'schen Brücke. — Diese im Jahre 1863 von Maron veröffentlichte Methode des Gegensprechens hat vor den beschriebenen Schaltungen zunächst den grossen Vorzug, dass die Empfangsapparate nicht besonderer Construction bedürfen. Das Relais (oder ein Schreibapparat) mit gewöhnlichen einfachen Umwindungen ist in die Brücke AC (bezw. BD) eines Wheatstone'schen Widerstands-Systemes geschaltet.

Sind die Widerstände so regulirt, dass $b\ (AB + c) = aW$ und $b_1\ (AB + c) = a_1\ W_1$ ist, wobei c den reducirten Widerstand der Zweigleitungen auf jedem Amte von der Einführung bis zur Erde bedeutet, so kann nach der Theorie der Wheatstone'chen Brücke bei einseitigem Arbeiten zwischen den Punkten A und C (bezw. B und D) des gebenden Amtes kein Stromes-Uebergang stattfinden. Wird also z. B. auf Amt I Taste gedrückt, so verzweigt sich der Strom bei f (s. Fig. 166) nach A und C so, dass an diesen beiden Punkten gleiche Spannungen herrschen und deshalb eine Ausgleichung durch

den in die Brücke geschalteten Apparat nicht stattfinden kann. Der durch die Leitung gehende Zweigstrom aber gelangt auf Amt II theils durch den Draht BD und die in denselben geschalteten Elektromagnet-Umwindungen, theils durch den Draht a_1 zur Erde.

Die Stärke des durch die Apparat-Spiralen gehenden Theilstromes ist selbstverständlich von der Grösse des Widerstandes in den Zweigen a_1, b_1 und DE abhängig.*

Wird auf beiden Aemtern gleichzeitig Taste gedrückt, so wird das Gleichgewicht der zwischen den Punkten A und C (bezw. B und D) in entgegengesetzter Richtung Uebergang

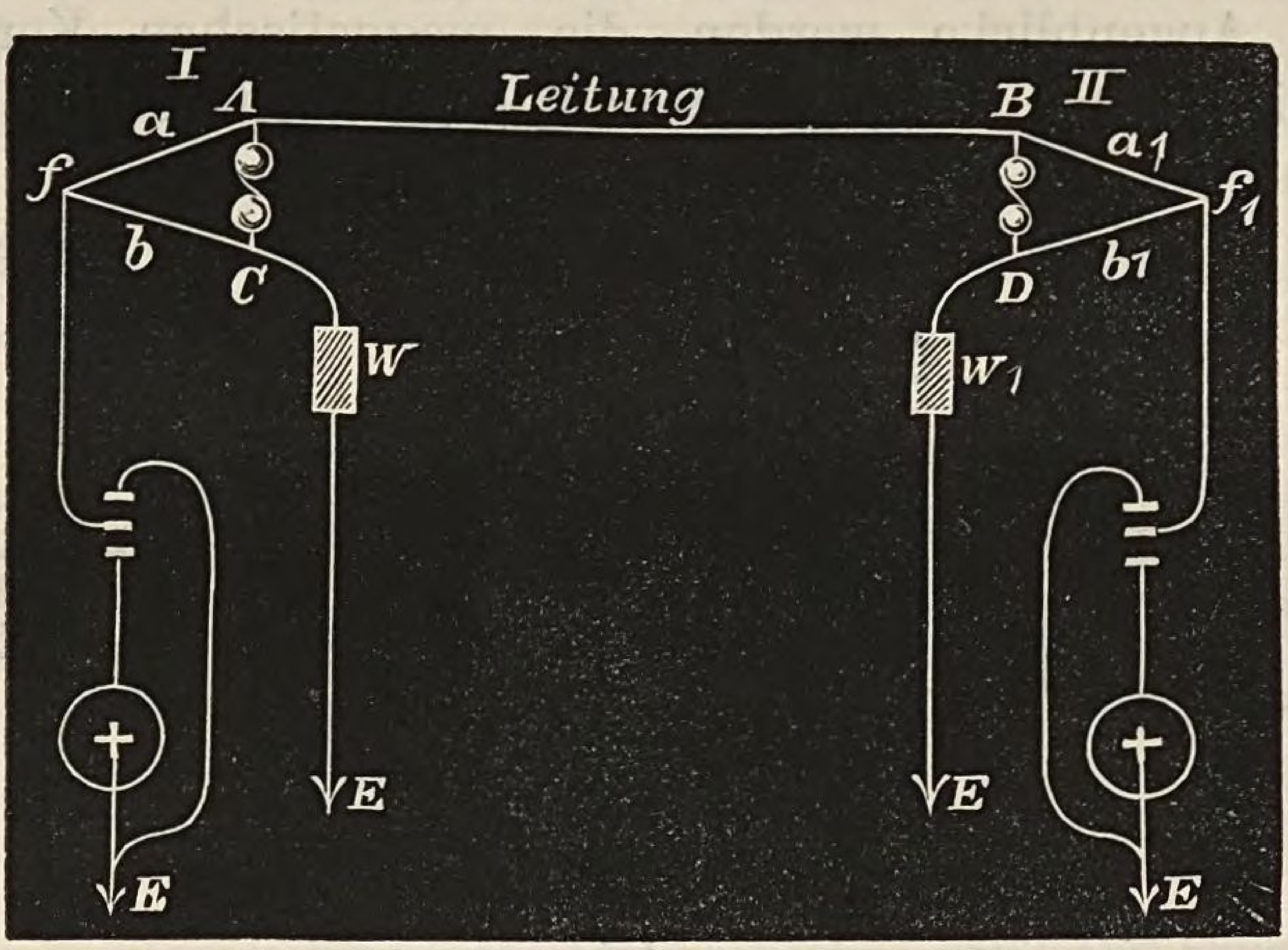


Fig. 166.

suchenden Elektricitäten aufgehoben: Es circulirt Strom in den Brücken AC und BD, und beide Apparate sprechen so lange an, als auf beiden Aemtern gleichzeitig Taste gedrückt wird. Mit dem Loslassen der Taste auf Amt I wird in Amt II jenes Gleichgewicht wieder hergestellt und der Anker von den entmagnetisirten Kernen losgelassen, während der Anker des Apparates auf Amt I so lange angezogen bleibt, bis auch auf Amt II die Taste losgelassen wird.

* Nach den von Maron (Zeitschrift des deutsch-österreichischen Telegraphen-Vereins, Jahrgang X) gemachten Angaben ist W gleich der Hälfte des Leitungswiderstandes, a bezw. a_1 gleich dem Widerstande der Apparat-Umwindungen vermehrt um den von b bezw. b_1, und $b = {}^1/_2 a$ (oder $b_1 = {}^1/_2 a_1$) zu nehmen.

Das Gegensprechen mit Hughes-Apparaten.* — Auf beiden correspondirenden Aemtern stehen je zwei Hughes-Apparate, von denen der mit der Batterie unmittelbar verbundene zum Geben benutzt wird. Der Empfangsapparat liegt in der Brücke eines durch Leitung und künstliche Widerstände gebildeten Wheatstone'schen Systemes.

Wird auf einem Amte (s. Fig. 167) eine Taste T niedergedrückt, und berührt der ihr entsprechende Stift s die Lippe l des rotirenden Schlittens, so tritt aus der Batterie Strom über die Schlittenaxe, den Correctionsdaumen c und die isolirte Feder f in die Elektromagnet-Umwindungen des Gebers. In diesem Augenblicke werden die magnetischen Kerne entmagnetisirt: Der Anker A schnellt gegen den Auslösehebel H,

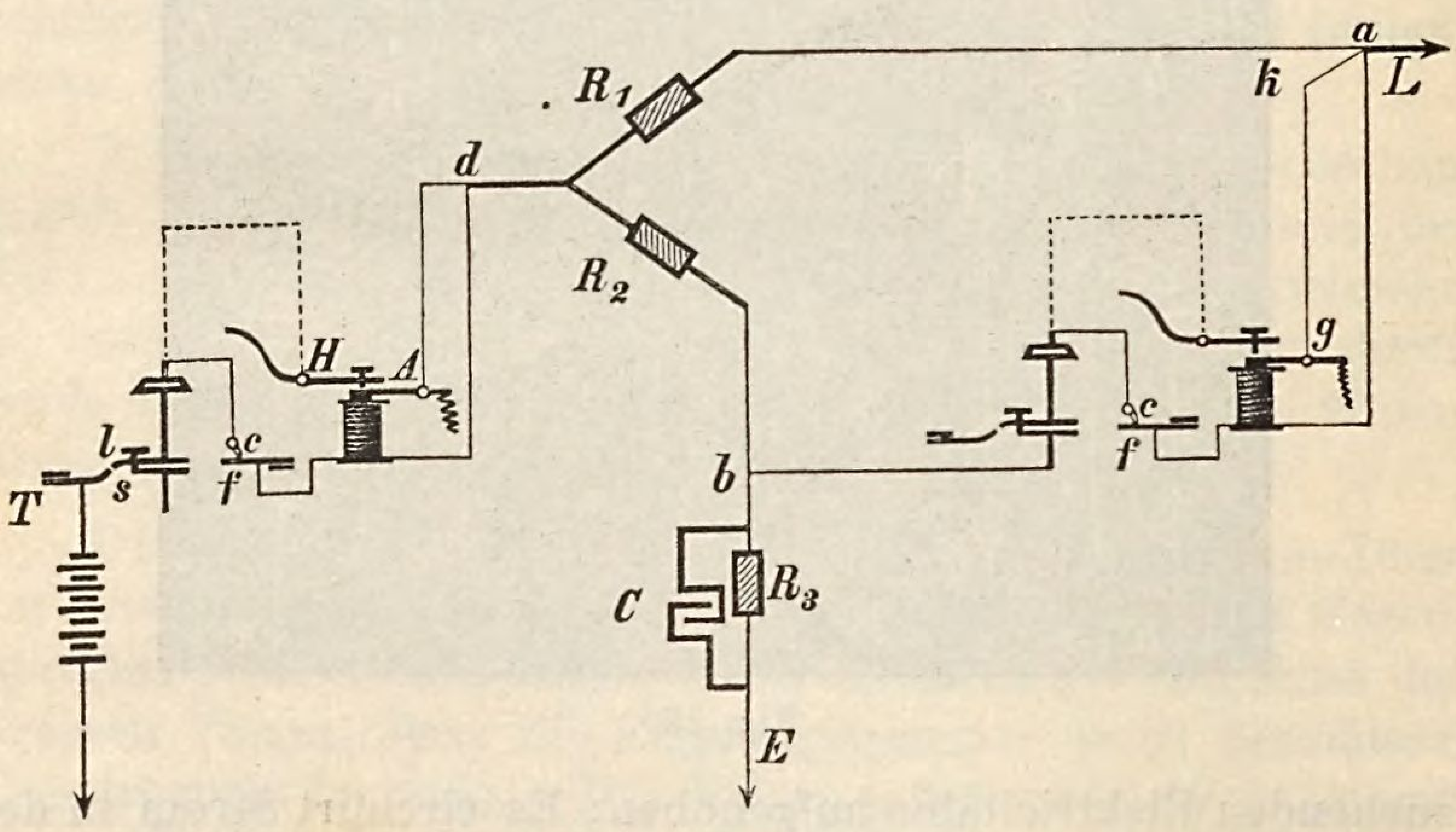


Fig. 167.

so dass sich jetzt dem Strome ein directer Weg über die Schlittenaxe, den Auslösehebel und den Anker nach der Zuleitung d bietet. Von hier verzweigt sich der Strom in die Brückenseiten; ein Stromtheil gelangt durch den Rheostaten R_1 in die Leitung L, der andere durch R_2 und R_3 zur Erde. Würden die Widerstände genau nach dem Gesetze der Wheatstone'schen Brücke regulirt und demnach die elektrischen Spannungen an den Punkten a und b vollständig gleich gemacht, so dass durch die Elektromagnet-Umwindungen des in

* Dingler, Bd. 221, S. 323.

die Brücke geschalteten Apparates ein Stromesübergang nicht stattfinden könnte, so müsste der sogenannte Compensationswiderstand

$$R_3 = \frac{R_2 (L + r)}{R_1}$$

gemacht werden, in welcher Formel r den reducirten Widerstand des Systemes für den ankommenden Strom bedeutet. Hiervon ist indessen zu Gunsten einer anderen, für das Ermöglichen des Gegensprechens besonders wichtigen Bedingung abgesehen worden. Soll das Gegensprech-System nur mit einiger Sicherheit functioniren, so muss vor allen Dingen der bei einseitiger Correspondenz auf dem Empfangsamte zur Wirkung gelangende Strom dieselbe Intensität haben, mit welcher beim gleichzeitigen Stromentsenden die in den Brücken beider Endämter circulirenden Stromtheile auf die Empfangsapparate wirken.

Mit Rücksicht hierauf erfolgt — auf Grund praktischer Versuche — die Regulirung des Compensationswiderstandes nunmehr in folgender Weise: Von einem Widerstande $R_3 = {}^5/_8 L$ ausgehend wird derselbe so lange vermehrt, bis der Nadelausschlag eines in den Verbindungsdraht *agb* geschalteten Galvanometers derselbe bleibt, gleichviel ob nur Strom ankommt oder ob gleichzeitig Strom entsendet wird. Dies tritt ein bei etwa $R_3 = {}^3/_4 L$, wenn $R_1 = {}^1/_2 L$ und $R_2 = {}^1/_4 L$ genommen werden.

Der nach dieser Regulirung bei einseitiger Correspondenz durch die Brücke des gebenden Amtes gehende Stromtheil beträgt etwa ein Sechstel des auf dem Empfangsamte zur Wirkung gelangenden Zweigstromes. Abgesehen davon, dass jener Strom ein Abfliegen des Ankers nicht zur Folge haben würde, auch wenn er die Magnetkerne so umkreiste, dass er eine Schwächung ihres Magnetismus hervorriefe, ist derselbe beim Arbeiten mit ungleichnamigen Batteriepolen so gerichtet, dass er den Magnetismus der Kerne verstärkt.

Der von der Leitung ankommende Strom verzweigt sich bei a: der eine Zweigstrom geht durch die Elektromagnet-Umwindungen des Empfangsapparates, der andere durch die Rheostaten R_1 und R_2. Beide Zweigströme fliessen dann durch R_3 vereint zur Erde.

Da die Stärke des auf den Apparat wirkenden Stromtheiles von dem Verhältnisse des Widerstandes der Elektromagnet-Umwindungen zu den Widerständen R_1 und R_2 abhängt, so giebt es für die Regulirung der Brückenwiderstände nach dem Leitungswiderstande eine bestimmte Grenze, d. h. man wird die oben angeführte Widerstandsschaltung, bei welcher $R_1 = {}^1/_2 L$ und $R_2 = {}^1/_4 L$ gemacht ist, zu Gunsten des zur Wirkung gelangenden Stromtheiles nur unter der Voraussetzung beibehalten dürfen, dass ${}^1/_2 L$ mindestens dem Apparatwiderstande gleich ist.

Haben die Batterien der Endämter ungleichnamige Pole an Leitung, so wird — unter der Voraussetzung, dass beide Batterien gleich stark sind — bei gleichzeitigem Stromentsenden die Mitte der Leitung als ein neutraler Punkt mit der elektrischen Spannung = 0 anzusehen sein, in welchem alle von *a* in die Leitung abfliessende Elektricität ebenso absorbirt wird, als ob die Leitung daselbst mit Erde verbunden wäre. Der in den Elektromagnet-Umwindungen circulirende und auf die Kerne entmagnetisirend wirkende Strom jeder der beiden gleichzeitig stromgebenden Aemter hat demnach die Richtung von *b* nach *a*.

Arbeiten beide Aemter mit gleichnamigen Polen an Leitung, dann ist beim gleichzeitigen Stromentsenden die Leitung stromlos. Die Empfangsapparate beider Aemter sprechen unter der Einwirkung der eigenen Batterieströme an. Da dieselben aber jetzt in der Richtung von *a* nach *b* durch die Elektromagnet-Umwindungen zur Erde abfliessen, muss die Stromesrichtung in letzteren derart sein, dass die magnetischen Kerne ebenso wie im ersten Falle, als der Strom von *b* nach *a* floss, entmagnetisirt werden. In welcher Weise dies durch den Commutator erreicht wird, ist bekannt.

Schliesslich haben wir noch die Wirksamkeit eines von Stearns dem Gegensprechsysteme beigegebenen Hilfsapparates, des neben R_3 geschalteten Condensators C zu besprechen.

Man ist meistentheils der Ansicht, dass der sogenannte Rückstrom dem Gelingen des Gegensprechens bis zu seiner Unschädlichmachung durch den Condensator das grösste Hinderniss bot. Dies ist indessen, wie wir sogleich sehen werden, bei Benutzung polarisirter Apparate nur unter einer Bedingung

der Fall. Sendet nur ein Amt z. B. positiven Strom in die Leitung, so ist auch der die Brücke in der Richtung von *a* nach *b* durchströmende Rückstrom positiv. Derselbe wird ein Abfliegen des Ankers bewirken, wenn der Commutator diejenige Stellung hat, bei welcher auch der galvanische von *a* nach *b* zur Erde abfliessende Strom die Kerne entmagnetisirt, d. h. wenn beide Aemter mit gleichnamigen Polen an Leitung arbeiten. In diesem Falle wirkt allerdings der Rückstrom störend und muss durch den Condensator beseitigt werden. Dies geschieht, indem letzterer seine Elektricität gleichzeitig entladet — nachdem er vorher eine der Ladung der Leitung gleichnamige Ladung beim Tastendrucke mit erhalten hat — und in *b* eine der elektrischen Spannung im Punkte *a* wenigstens annähernd gleiche Spannung erzeugt.

Sind aber die Elektromagnet-Umwindungen so geschaltet, dass der abgehende Strom nur in der Richtung von *b* nach *a* die Kerne entmagnetisirt, so wird der die Umwindungen in der Richtung von *a* nach *b* durchfliessende Rückstrom ein Ansprechen des Apparates nicht bewirken können. Hier wirkt nun ein anderes Moment nicht weniger störend, es ist die durch die Differenz der Ladungsgrössen von Leitung und künstlichen Widerständen hervorgerufene und durch die Brücke des gebenden Amtes jedes Mal stattfindende elektrische Ausgleichung. Während die Spannung im Punkte *b* wegen der äusserst geringen Ladung, welcher Rheostatenwiderstände, hier R_3, fähig sind, ihr Maximum sofort erreicht, ist dieselbe im Augenblicke des Batterieschlusses im Punkte *a* fast Null. Diese Spannungsdifferenz erzeugt einen momentanen Stromesübergang von *b* nach *a*, welcher den Apparat in der Brücke ansprechen lässt. Dem Auftreten einer derartigen Elektricitätsbewegung vorzubeugen, ist es nothwendig, auch den Zweig, in welchen R_3 eingeschaltet ist, einer stärkeren Ladung fähig zu machen (bezw. die Ladungsdauer desselben zu vergrössern). Dies geschieht wiederum durch den Condensator. Sind die Belegungen desselben veränderlich, so ist es leicht, seine Ladungsgrösse der der Leitung vollständig anzupassen.

Der Condensator wirkt also — wenn mit gleichnamigen Polen gearbeitet wird, durch seine Entladung, im anderen Falle durch seine Ladung.

Gegensprecher von F. Fuchs. — Abweichend von den Theorien der bisher beschriebenen Gegensprechschaltungen gründet Fuchs ein im Jahre 1881 von ihm in Vorschlag gebrachtes Gegensprechverfahren* zunächst auf den Unterschied der magnetisirenden Kraft beim Durchgange des Stromes durch die Umwindungen eines Schenkels und beim Durchgange desselben durch beide Elektromagnetrollen. Dieses vor Allem durch Einfachheit der Schaltung sich auszeichnende Verfahren ist seinem Wesen nach nicht nur für das Morsesystem, sondern auch für jeden anderen Telegraphenapparat anwendbar, bei welchem zwei Elektromagnetschenkel gleichzeitig und in demselben Sinne auf einen Anker wirken, sofern dieser Apparat nicht mit Wechselströmen betrieben wird.

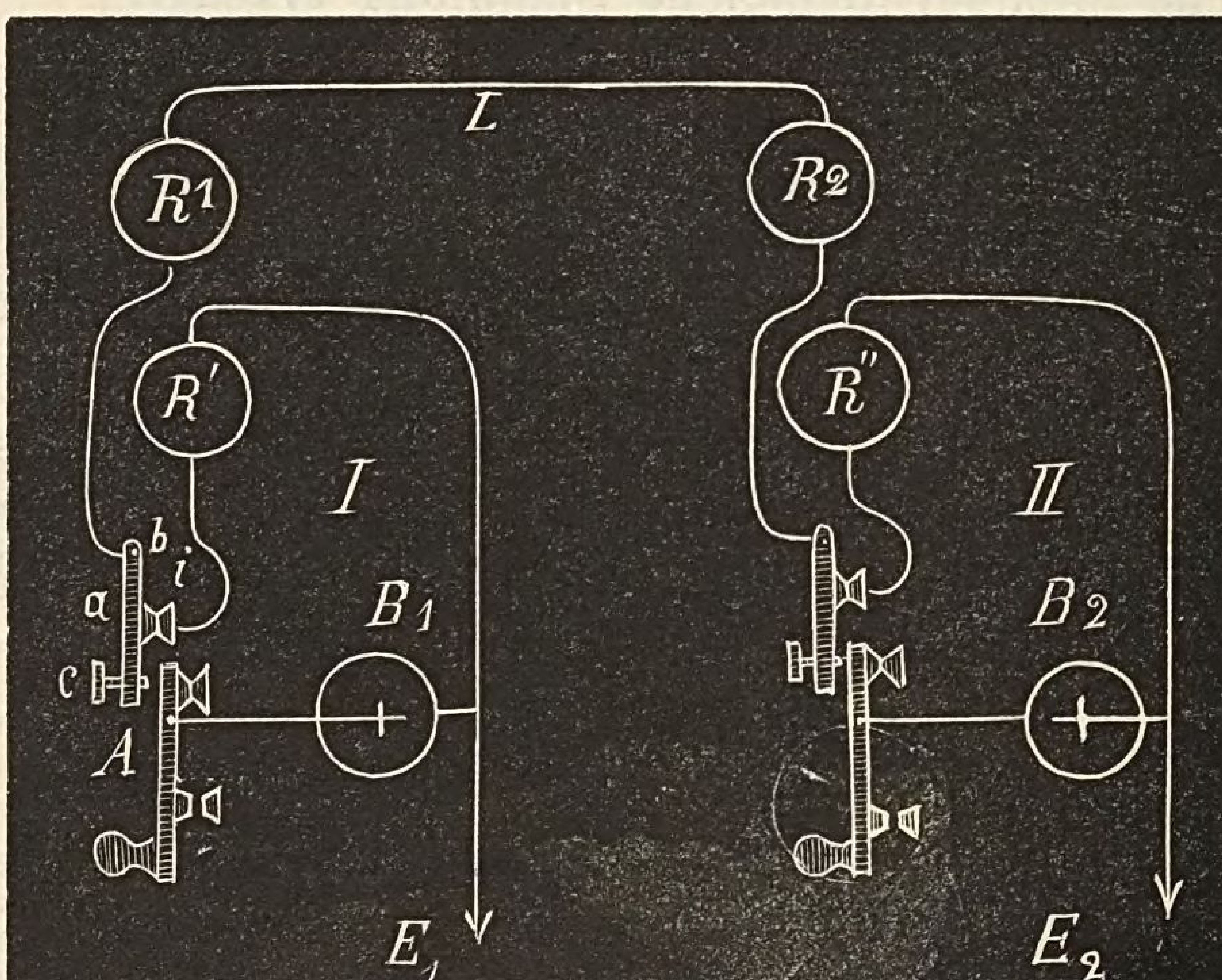


Fig. 166.

Die Grundbedingung für das Gegensprechen, dass nämlich der Empfangsapparat bei jeder Stellung der Taste durch den ankommenden Strom beeinflusst wird, durch den abgehenden Strom allein aber nicht zum Ansprechen kommt, ist bei dem Gegensprecher von Fuchs einfach dadurch erfüllt, dass die beiden Elektromagnetrollen durch Zwischenschaltung der Taste getrennt und dadurch von einander unabhängig gemacht werden. Hierzu bedarf es nur einer entsprechenden Ab-

* Elektrotechnische Zeitschrift 1881, S. 18.

änderung der Taste. Der Hebel *A* derselben (s. Fig. 168) hat die Einrichtung und Form der gewöhnlichen Morsetaste. Hinter demselben ist aber ein zweiter Hebel *a*, welcher sein Axlager in *b* hat, derart angebracht, dass letzterer von seinem Contacte abgehoben wird, wenn man den Haupthebel *A* niederdrückt.

Von jeder der Elektromagnetrollen steht das innere Umwindungsende mit der Hebelvorrichtung *a* (dem Contacthebel) in Verbindung, und zwar ist dasjenige von der Rolle R^1 (bezw. R^2) an den Körper, dasjenige von der Rolle R' (bezw. R'') an die Schiene des Contactstiftes *i* geführt.

Befindet sich die Taste in der Ruhelage, so liegt der Contacthebel *a*, ohne den Tastenhebel *A* zu berühren, auf dem Ruhecontacte *i* auf: die Elektromagnetrollen sind mit einander verbunden bezw. hintereinander geschaltet. Wird der Tastenhebel *A* niedergedrückt, so hebt derselbe den Contacthebel *a* vom Ruhecontacte *i* ab und unterbricht so die Verbindung der beiden Elektromagnetrollen. Gleichzeitig tritt Strom in die Leitung, welcher auf dem gebenden Amte eine Elektromagnetrolle, auf dem empfangenden Amte beide Rollen durchfliesst. Da nun die magnetisirende Wirkung des Stromes mit der Umwindungszahl der Elektromagnetrollen wächst, so lässt sich auch der Morseapparat (von einem solchen soll hier die Rede sein) leicht derart einstellen, dass derselbe auf den abgehenden, nur eine Elektromagnetrolle durchfliessenden Strom nicht anspricht, dagegen unter der Einwirkung des ankommenden, beide Rollen durchfliessenden Stromes gleicher Stärke Schrift liefert. Bei einseitiger Correspondenz muss daher, wenn die Apparate dementsprechend eingestellt sind, der Apparat des gebenden Amtes in Ruhe bleiben, während derselbe auf dem empfangenden Amte anspricht.

Wird auf beiden Aemtern gearbeitet, so durchfliesst zwar in dem Augenblicke des gleichzeitigen Tastendruckes der Linienstrom auch nur je eine Elektromagnetrolle R^1 bezw. R^2; dieser Strom ist aber, weil die Batterien mit den ungleichnamigen Polen an Erde liegen, annähernd doppelt so stark, als beim einseitigen Tastendrucke. Es tritt also jetzt an Stelle des Einflusses doppelter Umwindungszahl auf die magnetisirende Kraft die annähernd gleiche Wirkung eines doppelt starken

Stromes in den einfachen Rollen. Auf beiden Aemtern sprechen daher bei gleichzeitigem Tastendrucke die Apparate an.

Kehrt beim Amte I die Taste in die Ruhelage zurück, während sie beim Amte II in der Arbeitsstellung verbleibt, so sinkt der Strom in der Leitung; die magnetisirende Wirkung desselben nimmt aber nur im Elektromagnetsysteme von II ab, wo in Folge Tastendruckes R'' ausgeschaltet ist, dagegen bleibt sie bei I unverändert, weil hier in demselben Augenblicke, in welchem der Tastenhebel den Contacthebel verlässt, für die Batterie B_1 wieder die Rolle R' in den Stromkreis geschaltet wird. Der Anker des Apparates in I wird daher angezogen bleiben, während in II derselbe abfällt.

Neuere Gegensprechschaltungen nach der Differential-Methode.* — Bei der S. 279 beschriebenen Gegensprechschaltung durchfliessen diejenigen Ströme, welche bestimmt sind, die Schreibapparate ansprechen zu lassen, in den Haupt-Arbeitsstadien nur die Umwindungen eines Elektromagnetschenkels; in Folge dessen lassen sich die Apparate nicht so einstellen, dass sie gegen die Einwirkung der Ladungsströme beim Stromsenden unempfindlich bleiben: Wird z. B. (siehe Fig. 165) auf Amt I Taste gedrückt, so tritt hier die beabsichtigte Stromverzweigung erst nach erfolgter Ladung der Leitung ein, der Ladungsstrom aber ruft eine Ankeranziehung bei dem Apparate des gebenden Amtes hervor und stört die Zeichen, welche dieser Apparat nur auf Tastendruck des andern Amtes wiedergeben darf.

Diesem Uebelstande hat man bei Differentialschaltungen bisher nur durch Nebenschaltung eines Condensators, welcher dem Ausgleichungsstromkreise dieselbe Ladungscapacität wie der Leitung ertheilt, zu begegnen vermocht. Um denselben entbehrlich zu machen, habe ich im Jahre 1887 zwei Schaltungen entworfen, nach welchen bei einseitiger Correspondenz der ankommende Strom beide Elektromagnet-Umwindungen durchfliesst und der Rheostat nur beim Stromsenden, d. i. in Folge Tastendrucks in den Ausgleichungsstromkreis geschaltet wird.

* Elektrotechnische Zeitschrift 1887, S. 442 und 546.

Mittels des Rheostaten, welcher zwischen die zweite und dritte Tastenschiene gelegt ist (s. Fig. 169), soll einerseits nur soviel Widerstand in den Ausgleichungsstromkreis geschaltet werden, dass beim einseitigen Stromsenden die Differenz der Stromeswirkungen auf die Elektromagnet-Umwindungen des gebenden Amtes ausreichend vermindert wird, um hier eine Ankeranziehung zu verhindern; anderseits soll der Rheostatenwiderstand *R* die Stromeswirkungen in den beiden Hauptstadien des Arbeitens einander gleich machen.

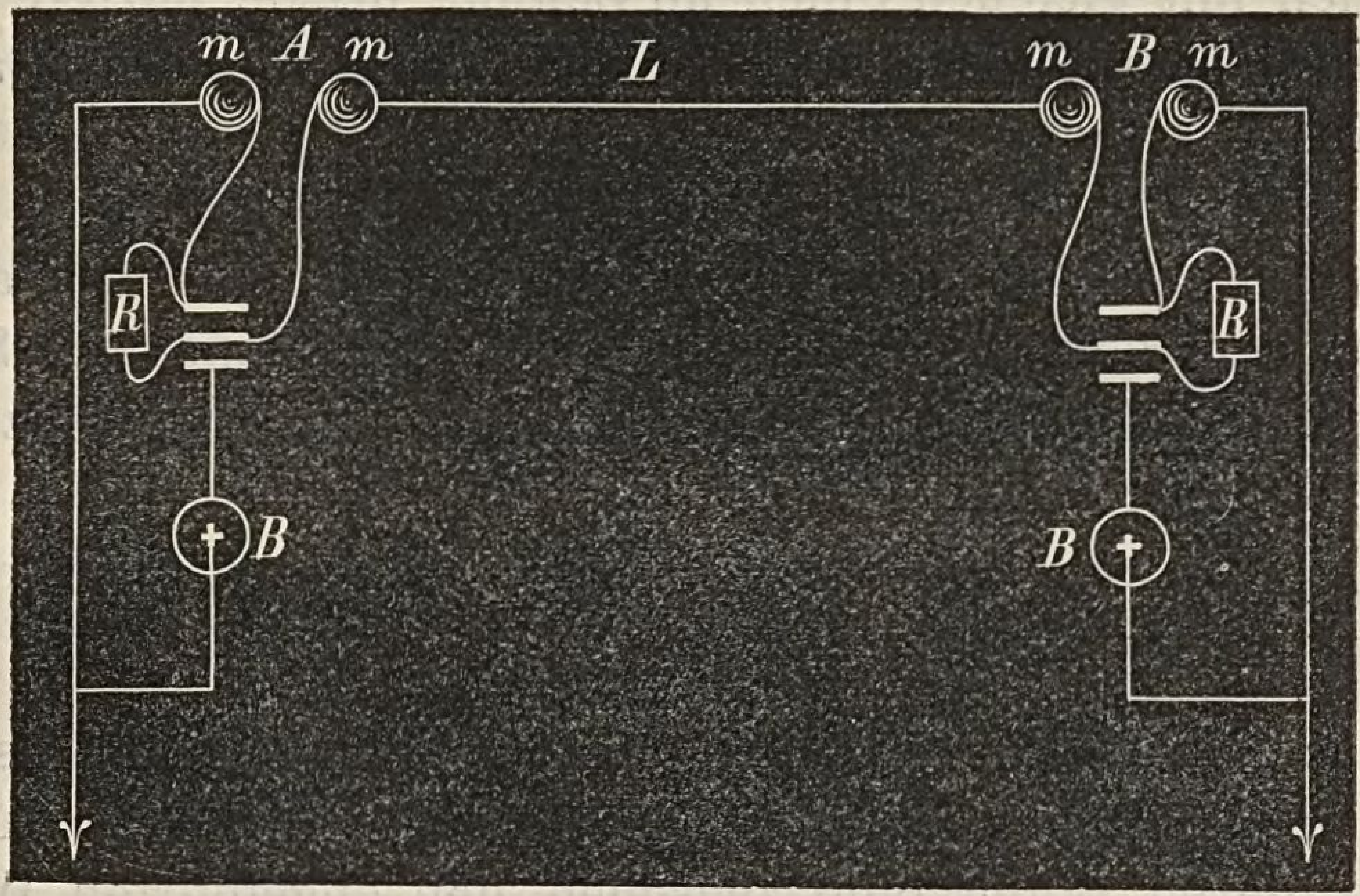


Fig. 169.

Wird in *A* Taste gedrückt, so wirkt:

1. auf den Schreibapparat in *A* die magnetisirende Kraft:

$$M = p\,(s_1 - s)$$

$$= \frac{(l + 2m - r)\,ne}{(l + r + 4m)\,W + (m + r)\,(l + 3m)},$$

in welcher Gleichung n die Anzahl der Elemente, p eine Elektromagnetrolle und m den Widerstand der Umwindungen einer solchen, l den Leitungs-, r den Rheostaten- und W den Batteriewiderstand bedeutet;

2. auf den Schreibapparat in *B* behufs Schrifterzeugung:

$$M_1 = 2ps$$

$$= \frac{(m + r)\,2ne}{(l + r + 4m)\,W + (m + r)\,(l + 3m)}.$$

Befindet sich in *B* die Taste in der Schwebe, so wirkt bei Tastendruck in *A*:

1. auf den Schreibapparat in A:

$$M_2 = p\,(s_3 - s_2)$$

$$= \frac{(l + 2m)\,ne}{(l + 2r + 4m)\,W + (m + r)\,(l + r + 3m)},$$

2. auf den Schreibapparat in B:

$$M_3 = 2p\,s_2$$

$$= \frac{(m + r)\,2ne}{(l + 2r + 4m)\,W + (m + r)(l + r + 3m)}.$$

Bei gleichzeitigem Tastendruck endlich bleibt, da die Batterien mit gleichen Polen an Leitung liegen, letztere stromlos. In beiden Ausgleichungsstromkreisen aber wirkt auf die Schreibapparate:

$$M_4 = \frac{ne}{W + r + m}.$$

Durch Gleichsetzung der Werthe für M_1 und M_4, d. i. für die in den beiden Hauptstadien des Arbeitens zur Schrifterzeugung bestimmten Stromkräfte erhält man den einzuschaltenden Rheostatenwiderstand: $r =$

$$\frac{l - (m + W)}{4} + \sqrt{\left(\frac{l - (m + W)}{4}\right)^2 + \frac{(l + m)\,(m + W) + mW}{2}}$$

Nach dieser Formel ist in der folgenden Zusammenstellung r für verschiedene Leitungswiderstände berechnet. Für Leitungen, deren Widerstand zwischen den angeführten Werthen liegt, bedarf es nur einer der Abweichung annähernd entsprechenden Aenderung der Elementenzahl und des Rheostatenwiderstandes.

Ausserdem enthält die Zusammenstellung die Werthe der magnetisirenden Stromkräfte in den verschiedenen Arbeitsstadien beim Gegensprechen unter gleichzeitiger Angabe der für jede Leitungslänge erforderlichen Batteriestärke bei Anwendung von Zink-Kupferelementen:

l	r	n	$M_1 = M_4$	M_3	M	M_2
500	500	30	0,027	0,021	0,010	0,014
1000	800	40	0,027	0,020	0,010	0,014
1500	1100	50	0,027	0,019	0,010	0,014
2000	1350	60	0,026	0,019	0,010	0,015
2500	1650	70	0,026	0,019	0,010	0,015
3000	1950	80	0,026	0,018	0,010	0,015
3500	2250	90	0,026	0,018	0,010	0,015
4000	2500	100	0,026	0,018	0,010	0,015
5000	3100	120	0,026	0,018	0,010	0,015

Wie aus dieser Zusammenstellung ersichtlich, ist die auf den Schreibapparat des gebenden Amtes bei einseitiger Correspondenz wirkende Stromkraft im Verhältniss zu der Kraft, welche behufs Schrifterzeugung auf den Apparat des empfangenden Amtes wirkt, eine so geringe, dass die Erfüllung der ersten Bedingung für das Gelingen des Gegensprechens, nach welcher der Apparat des gebenden Amtes nicht ansprechen darf, ein zu peinliches Einstellen der Schreibapparate nicht beansprucht.

Um der zweiten Bedingung zu entsprechen, welche für den Apparat des empfangenden Amtes bei einseitiger Correspondenz und für beide Apparate beim Gegensprechen gleich starke magnetisirende Kräfte vorschreibt, schalten beide Aemter zunächst den oben berechneten Rheostatenwiderstand ein. Hiernach ändert jedes Amt für sich den letzteren so weit, dass sein Apparat gleich stark anspricht, wenn es — während das andere Amt Zeichen giebt — abwechselnd Taste drückt und Taste loslässt. — Im Allgemeinen wird der einzuschaltende Widerstand etwas grösser, als der berechnete sein müssen, weil der im Ausgleichungszweige circulirende Strom nur constante Widerstände zu überwinden hat, während der Leitungsstrom noch secundären Strömen (z. B. Entladungsströmen) begegnet.

Sprechen nach Regulirung der Rheostaten die Apparate in jedem der beiden Haupt-Arbeitsstadien gleich laut an, so erübrigt nur noch ein Stellen der Abreissfeder behufs dauernder Erzeugung deutlicher Schriftzeichen.

Dieses Gegensprechsystem ist von der Deutschen Reichs-Telegraphen-Verwaltung geprüft und als praktisch verwendbar angenommen worden.

Die zweite Gegensprechschaltung (s. Fig. 170) unterscheidet sich äusserlich von der vorstehenden nur dadurch, dass im Zustand der Ruhe die Batterien mit gleichen Polen an Leitung liegen, während die Telegraphircontacte der Tasten, sowie die freien Batteriepole mit Erdverbindungen versehen sind.

Wird in *A* Taste gedrückt, so fliesst der Strom aus der Batterie in *B* durch beide Elektromagnetrollen des Schreibapparates daselbst, gelangt nach *A* und hier durch eine Elektromagnetrolle zur Erde. Gleichzeitig durchfliesst ein Strom aus der Batterie in *A* die andere Elektromagnetrolle und

schwächt die Wirkung des beim gebenden Amte ankommenden Linienstromes, so dass hier eine Ankeranziehung nicht erfolgt.

Bezeichnet s bezw. s_2 die Stärke des von B ankommenden und s_1 die Stärke des Stromes der gleichzeitig in A geschlos-

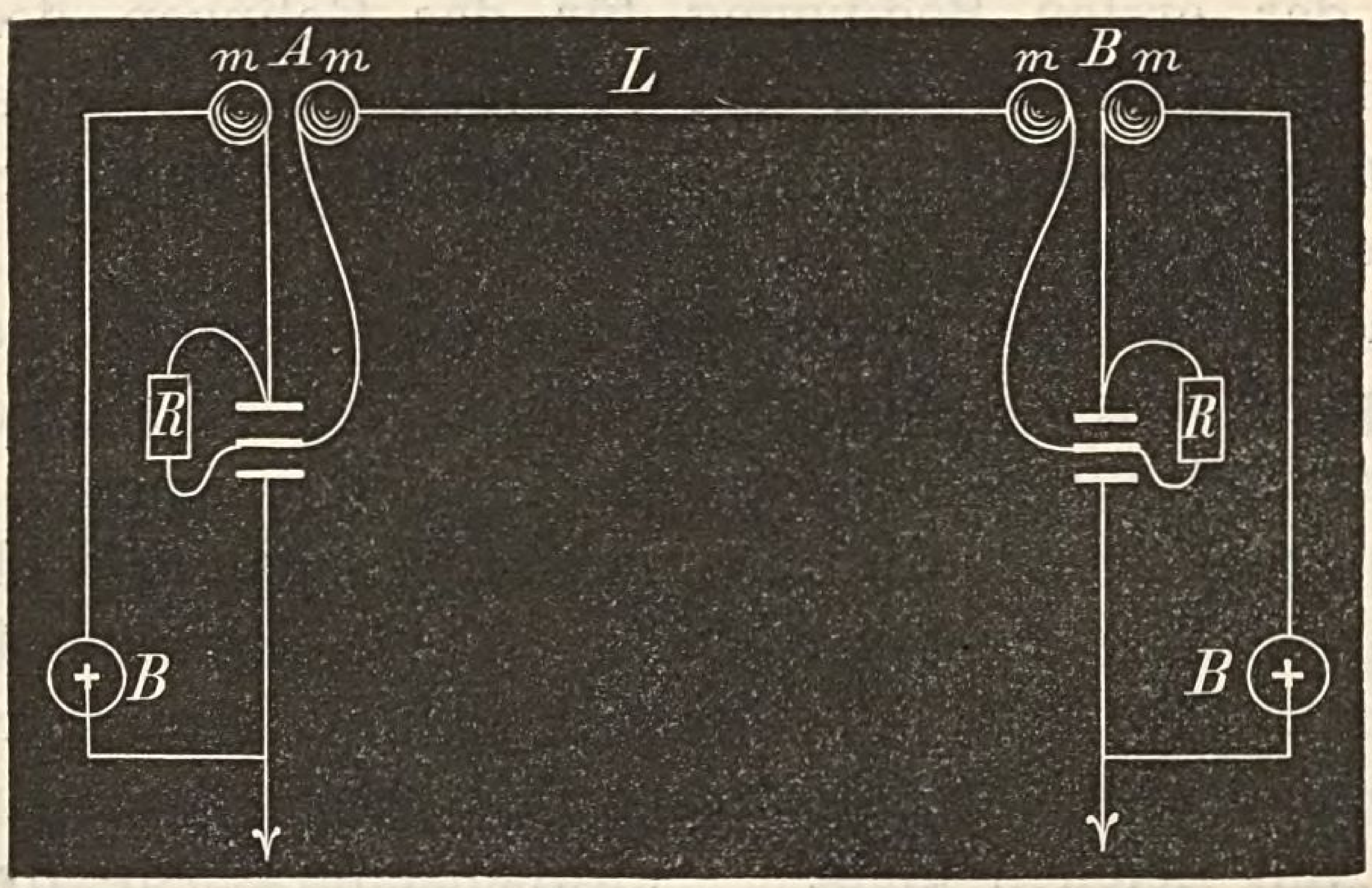


Fig. 170.

senen Batterie, so wirkt auf den Apparat des gebenden Amtes die magnetisirende Kraft:

$$M = p\,(s_1 - s)$$
$$= \frac{(l + 2m - r)\,ne}{(l + r + W + 4m)\,W + (m + r)\,(l + 3m)}.$$

In B wird der Schreibapparat unter Einwirkung einer magnetisirenden Kraft:

$$M_1 = 2ps = \frac{2ne}{W + l + 3m}$$

in Thätigkeit gesetzt.

Befindet sich auf einem der beiden Aemter die Taste in der Schwebe, während dieselbe auf dem anderen Amte gedrückt wird, so wirkt auf den Schreibapparat des letzteren:

$$M_2 = p\,(s_1 - s_2)$$
$$= \frac{(l + 2m)\,ne}{(l + 2r + W + 4m)\,W + (m + r)\,(l + r + 3m)}$$

und auf den Schreibapparat desjenigen Amtes, bei welchem die Taste schwebt:

$$M_3 = 2ps_2 = \frac{2ne}{W + l + r + 3m}.$$

Bei gleichzeitigem Tastendrucke in A und B ist — nach erfolgter Entladung der Leitung — letztere stromlos; in den Ausgleichungszweigen wirkt auf die Schreibapparate:

$$M_4 = p\,s_1 = \frac{n\,e}{W + r + m}.$$

Durch Gleichsetzung der Werthe für M_1 und M_4 ergiebt sich für den einzuschaltenden Rheostatenwiderstand:

$$r = \frac{l + m - W}{2}.$$

Wie aus Vorstehendem ersichtlich, kommt bei dieser letzteren Schaltung keine Stromtheilung vor; ferner wirkt in jedem Correspondenzstadium schrifterzeugend die mit dem Empfangsapparat unmittelbar verbundene Batterie, sodass Nebenschliessungen in der Leitung für den schriftgebenden Apparat niemals Stromverlust hervorrufen. Aus diesen Gründen beansprucht dieses neuere System schwächere Batterien, als das zuerst beschriebene. Als besonderer Vorzug desselben aber ist hervorzuheben, dass, da beim Niederdrücken der Taste nicht statische Ladung, sondern vielmehr Entladung der Leitung eintritt, die beabsichtigten Gegenwirkungen auf die Elektromagnetrollen des gebenden Amtes augenblicklich und gleichzeitig erfolgen.

Zehnter Abschnitt.

Störungen im Telegraphen-Betriebe.

Die Telegraphen-Betriebs-Störungen zerfallen in solche, welche ausserhalb des Amtes, und solche, welche innerhalb desselben liegen und haben ihren Grund entweder in Unterbrechungen des Stromweges oder in Berührungen von Leitungen unter sich (Contacten) und in Ableitungen zur Erde (Nebenschliessungen).

Bei Eintritt einer Störung ist zunächst festzustellen, ob dieselbe in der Zimmerleitung oder ausserhalb des Amtes liegt. Ist der Stromweg unterbrochen, zeigt also die Nadel des Galvanoskopes in einer Arbeitsstromleitung beim Niederdrücken der Taste oder in einer Ruhestromleitung bei ruhender Correspodenz keine Ablenkung, dann verbinde man an der Einführung die Zimmerleitung mit Erde. Zeigt sich auch jetzt kein Strom, dann liegt die Unterbrechung im Zimmer.

Ist der Grund der Störung eine Nebenschliessung, worauf man aus dem grösseren, als normalen Ausschlage der Galvanometernadel schliessen kann, dann ist die Zimmerleitung von der äusseren Leitung zu trennen (zu isoliren). Ist dies geschehen und besteht trotzdem der Fehler fort, d. h. wird auch dann die Nadel noch abgelenkt, dann liegt die Störung wiederum im Zimmer.

In ähnlicher Weise verfährt man bei Contact-Erscheinungen zweier Leitungen, d. h. dann, wenn die auf einem Apparate ankommenden Telegramme auf einem anderen mitzulesen sind, oder wenn die durch Tastendruck markirten Zeichen durch irgend welchen mit der betreffenden Taste im normalen Zu-

stande nicht verbundenen Apparat im Zimmer wiedergegeben werden. Man isolire dann an der Einführung beide oder nur eine der in Betracht kommenden Leitungen. Dauert das Mitsprechen trotzdem fort, so findet die Berührung im Zimmer statt.

Die Störungen im Zimmer liegen entweder in der Batterie oder in den Apparaten oder in den Verbindungsdrähten.

Um sich von dem Zustande der Batterie zu überzeugen, schliesse man die beiden Endpole derselben vermittels zweier Drähte durch ein Galvanoskop.

Wird die Nadel desselben nicht oder nur sehr schwach abgelenkt, dann muss das schadhafte Element gesucht werden. Ist die Batterie sehr gross, so dass es schwierig und langwierig ist, sich durch den Augenschein von der Beschaffenheit jedes einzelnen Elementes zu überzeugen, dann löse man die Verbindung des einen Poles mit dem Galvanoskope und verbinde statt dessen denselben Pol des etwa in der Mitte der Batterie stehenden Elementes mit dem freien Ende des Multiplicators. Wird jetzt eine genügend starke Nadelablenkung erzielt, dann ist diese Hälfte der Batterie in Ordnung. Man theile nun die andere Hälfte wiederum in zwei Theile, untersuche dieselben in gleicher Weise und fahre so fort, bis das schadhafte Element gefunden ist.

Ist die Batterie fehlerfrei, dann untersuche man mit derselben und mit Hilfe eines empfindlichen Galvanoskopes nach einander die einzelnen Apparate und Zuleitungsdrähte.* Letztere geben zu Störung Veranlassung, wenn sie entweder gerissen oder nicht gut von einander isolirt sind.

Störende Ursachen in den Apparaten:

I. In der Taste: Sind die Ruhecontactflächen oxydirt, oder ist die Feder des Hebels nicht stark genug, eine innige Verbindung jener Contacte zu bewerkstelligen, oder sitzt in den Axlagern viel Unreinigkeit, dann findet der ankommende

* Bei Untersuchung einer Zimmerleitung, bezw. eines Apparatsystemes nehme man stets die betreffende Stromlaufskizze zur Hand und schalte in bestimmter Reihenfolge unter Zuhilfenahme eines entsprechend langen Drahtes einen Apparat nach dem andern ein und aus.

Strom keinen Weg oder zu grossen Widerstand auf seinem Wege zu den Umwindungen des Schreibapparates, bezw. Relais.

Sind die Telegraphircontacte mit einer Oxydschicht bedeckt, dann bietet sich hier dem in eine Arbeitsstromleitung zu entsendenden Strome ein zu grosser Widerstand.

Die Reinigung der Contactflächen ist mittels einer fein gereifelten Contactfeile oder durch Schmirgelpapier zu bewirken.

2. Im Relais: Sind einzelne Drahttheile der Elektromagnet-Umwindungen schlecht isolirt, so durchfliesst der Strom nicht die einzelnen Umwindungen nacheinander, sondern er geht direct von einer Lage zur anderen über. Da nun aber die magnetisirende Kraft ausser der Stromstärke auch der Anzahl der Umwindungen direct proportional ist, so wird jene durch einen derartigen Fehler verringert und, wenn eine Berührung zwischen erster und letzter Umwindung stattfindet, auf Null reducirt.

Dasselbe tritt ein, wenn in Folge von Gewitterschlägen die Umwindungen mit einander verschmelzen. Verbrennen oder reissen die Verbindungsdrähte, dann tritt eine Unterbrechung des Stromweges in den Elektromagnet-Spiralen ein.

Da der zwischen zwei Contacten sich bewegende Hebel des Relais gewissermassen die Function einer Taste hat, so sind auch, wie bei jenem, die Contactflächen von Oxyd rein zu halten.

Ist remanenter Magnetismus in den Kernen, so dass die Abreissfeder nicht im Stande ist, den Anker schnell und kräftig genug abzuheben, dann ist der Strom eine Zeit lang, bis der Uebelstand beseitigt, in entgegengesetzter Richtung durch die Spiralen zu leiten. Hilft dies nicht, dann müssen Anker und Kerne ausgeglüht werden.

3. Im Schreib-Apparat: Fehler in den Elektromagnet-Umwindungen desselben können in derselben Weise, wie beim Relais, Veranlassung zu Störungen geben.

4. Im Galvanoskop: Auch bei diesem treten durch Verschmelzung der Drahtumwindungen Stromübergänge von Lage zu Lage und durch Zerreissen des Drahtes Unterbrechungen des Stromkreises ein.

Der Unempfindlichkeit der Nadel hilft man durch Streichen derselben mit einem Magnet oder dadurch ab, dass man sie

mehrere Stunden in eine Magnetisirungs-Spirale steckt, deren Enden mit den Polen einer kräftigen Batterie in Verbindung stehen.

5. Im Blitzableiter: Sind die Reifeln der Deckplatte mit denen der Leitungsplatte verschmolzen, dann wird der von der Leitung kommende Strom zur Erde geleitet, ehe er die Elektromagnet-Umwindungen des Relais oder Schreib-Apparates durchlaufen kann. Ebenso gelangt der in die Leitung zu sendende Strom statt in dieselbe, schon vorher zur Erde. Die die Verbindung zwischen Leitungs- und Erdplatte bewirkenden, zusammengeschmolzenen Metalltheilchen entfernt man leicht mit dem Messer.

Sind bei Blitzableitern älterer Construction (Schneiden-Blitzableitern) die zwischen Apparat- und Leitungsschienen eingeschalteten Widerstands-Drähte geschmolzen oder gerissen, dann ist die Verbindung zwischen Leitung und Apparaten unterbrochen.

Fehlerhafte Blitzableiter sind sofort auszuschalten, indem man die Zuleitungsdrähte abnimmt und direct mit einander verbindet.

6. In Umschaltern: Dieselben geben zu Störungen Veranlassung, wenn die Schienen nicht von einander isolirt sind, d. h. wenn leitende Unreinigkeit, Metallspähne u. s. w. die Zwischenräume ausfüllen, ferner, wenn die Stöpsel entweder wegen unzureichender Dicke oder eines Ueberzuges von Oxyd die leitende Verbindung zwischen den Schienen nicht herzustellen vermögen.

7. Im Hughes-Apparate: Die am häufigsten vorkommenden Fehler an demselben sind: Isolationsfehler oder Unterbrechungen im Doppelumschalter, Beschädigung der Elektromagnet-Umwindungen und mangelhafte Isolirung des oberen Schlittentheiles vom unteren (bei Apparaten, an welchen die S. 216 beschriebene besondere Contactvorrichtung nicht vorhanden ist). Behufs Feststellung der ersterwähnten Fehler schraubt man den Doppelumschalter von der Tischplatte ab und stellt die durch denselben herzustellenden Verbindungen durch Drähte her. Functionirt jetzt der Apparat, so ist thatsächlich der Doppelumschalter fehlerhaft. — Die Elektromagnet-

Umwindungen des Hughes-Apparates prüfe man mit Batterie und Galvanoskop wie diejenigen des Morse-Schreibapparates.

Mangelhafte Isolation des oberen Schlittentheiles vom unteren hat zur Folge, dass abgehende Ströme nicht durch die Elektromagnet-Umwindungen in die Leitung, sondern über die beiden Schlittentheile direct zur Erde abfliessen, so dass der Apparat nicht ansprechen kann. Zur Feststellung dieses Fehlers entferne man die Erdleitung von der Klemme *E* des Apparates und sende demnächst Strom in die Leitung.

8. Im Fernsprechsysteme: Auf Fernsprechämtern, welchen weder Batterie noch Galvanoskop zur Verfügung steht, bietet der Fernsprecher selbst ein einfaches Mittel, in der Zimmerleitung eingetretene Fehler (Unterbrechung oder Erdschluss) festzustellen: In dem mit der Leitung verbundenen Fernsprecher hört man stets ein mehr oder minder starkes, eigenthümliches Geräusch, welches seinen Grund entweder in der Ausgleichung atmosphärischer, bezw. tellurischer Elektricität, oder in der Inductionswirkung von Aussenströmen hat. Dieses Geräusch verstummt, sobald die Leitung vom Blitzableiter des Systemes abgenommen oder durch denselben mit Erde verbunden, d. h. sobald eine Unterbrechung des Stromkreises oder ein Erdschluss künstlich herbeigeführt wird. Hört man also, ohne dass eine derartige Manipulation stattgefunden hat, das erwähnte Geräusch nicht, so darf ein Fehler im System (Unterbrechung oder Erdschluss) angenommen werden. Zur näheren Feststellung desselben entferne man zunächst die Spindel aus dem Blitzableiter. Ist hiernach der Fehler nicht beseitigt, so schalte man den Fernsprecher direct zwischen Leitung und Erde. Besteht auch nach dieser Verbindung der Fehler fort, so wird derselbe, wenn nicht etwa die Leitung in nächster Nähe gestört ist — bei entfernt liegenden Fehlern in der Leitung sind schwache Geräusche meistentheils noch wahrnehmbar — im Fernsprecher zu suchen sein. Man schraube zu diesem Zweck den Schalltrichter ab und besichtige nach Entfernung der Membran die Verbindungsdrähte der Elektromagnet-Umwindungen. Findet man hierbei den Fehler nicht, oder ist man nicht in der Lage, denselben zu beseitigen, so erübrigt nur die Auswechselung des beschädigten Apparates. Hat sich aber letzterer bei Einschaltung zwischen Leitung und

Erde betriebsfähig gezeigt, so schalte man ihn wieder in gewöhnlicher Weise ein, hebe zunächst vom Platten-Blitzableiter die Deckplatte ab und entferne aus den Zwischenräumen zwischen Leitungsschienen und Metallrahmen alle etwa leitenden Körper mittels eines Pinsels oder durch Ausblasen. Bleibt auch hierbei der normal geschaltete Fernsprecher geräuschlos, so schraube man den Spindel-Blitzableiter ab und verbinde die Zuführungen zur ersten und dritten Klemme desselben durch einen Draht. Tritt hiernach Betriebsfähigkeit des Systemes ein, so wird der Spindel-Blitzableiter eingehend zu untersuchen sein. Sehr häufig führt derselbe, auch nach Entfernung der Spindel eine Unterbrechung des Stromkreises dadurch herbei, dass sich die Messingfeder *f* (s. Fig. 128) mit ihrem Contactstücke *k* nicht auf den Platincontact des Messingstückes *c* auflegt. Man beseitigt diesen Mangel durch entsprechendes Biegen der Feder. Zuweilen sind auch die erwähnten Contactstücke nicht rein, bezw. mit einer Oxydschicht bedeckt. In diesem Falle reinige man die Contacte mit Schmirgelpapier.

Wenn bei Benutzung des Mikrophons die im Hörapparat wiedergegebenen Laute von schnarrenden Nebengeräuschen begleitet sind, dann ist die gebende Stelle zur Regulirung der Dämpfung (vgl. S. 227) aufzufordern.

Um festzustellen, ob ein Ausbleiben der Lautwirkung — bei fehlerfreier Leitung und Stromfähigkeit der Mikrophonbatterie — auf Unterbrechung im Mikrophon oder im zugehörigen Inductor zurückzuführen ist, schalte man durch einen Hilfsdraht diese beiden Theile des Systems aus und benutze den am Gehäuse befindlichen Fernhörer zum Sprechen. Tritt jetzt Verständigung ein, so ist thatsächlich das Mikrophon oder der Inductor fehlerhaft und das betreffende Gehäuse muss ausgewechselt werden.

Sehr häufig wird die Verständigung in Fernsprechleitungen durch mangelhafte Isolation der Zuführungs-Drähte zu den Fernsprechern bezw. Fernhörern erschwert. Behufs Untersuchung derselben lasse man bei einem anderen Amte der Leitung sprechen und drücke, während mit einer Hand der Fernhörer gegen das Ohr gehalten wird, mit den Fingern der anderen Hand reibend gegen die Zuführungsschnüre vom Anfang bis zum Ende derselben fortgreifend. Treten hierbei Unterbrechungen der Correspondenz oder Nebengeräusche auf,

dann sind die Schnüre schadhaft und bedürfen der Auswechselung.

Bei Fernsprechsystemen mit Weckbetrieb liegt die Ursache von Unterbrechungen oft in der Ein- und Ausschaltevorrichtung. Dies stellt man leicht durch Herstellung einer directen Drahtverbindung zwischen Körper und dem betreffenden Contacte der Vorrichtung fest.

Ein im Magnet-Inductor hin und wieder auftretender Fehler wird durch zu geringen Druck der gegen das Contactstück *r* (s. Fig. 72) schleifenden Feder oder durch Oxydation der betreffenden Berührungspunkte veranlasst. Durch entsprechendes Biegen der Feder, bezw. durch Reinigen der Contactflächen wird dieser Fehler leicht beseitigt.

Für die Feststellung aller in der Einrichtung eines Telegraphenamtes möglichen Störungsursachen lassen sich selbstverständlich Einzelbestimmungen nicht geben. Das Haupterforderniss für einen hiermit zu betrauenden Beamten ist Kenntniss sämmtlicher in dem betreffenden Amte vorhandenen Zimmerleitungs- und Apparatverbindungen.

Die Bestimmung von Fehlerstellen auf der Leitung findet entweder durch Theilstrecken-Untersuchung oder durch Messung des Widerstandes statt.

A. Theilstrecken-Untersuchung. — Wenn in der gestörten Leitung mehrere Zwischenämter liegen, so ist seitens des untersuchenden Amtes zunächst das erste, dann das zweite, dritte u. s. w. Amt durch Amts-Telegramm aufzufordern, die Leitung fünf oder zehn Minuten lang zu isoliren oder ebenso lange mit Erde zu verbinden. Ersteres hat dann zu geschehen, wenn die Leitung Nebenschliessungen hat, oder wenn sie sich mit einer anderen Leitung berührt; letzteres, wenn die Leitung stromlos ist.

Während der Ausführung dieser Verbindungen auf einem Amte sind die zwischen demselben und dem untersuchenden Amte gelegenen Aemter zur directen Verbindung der Leitungszweige aufzufordern, damit die Untersuchung nicht durch Arbeiten in einem Theile der Leitung gestört werde.

Um ein sicheres Ergebniss zu erzielen, empfiehlt es sich, dass beide Endämter gleichzeitig untersuchen, und sich über die gemachten Beobachtungen verständigen.

Folgendes Beispiel möge den Vorgang bei einer Theilstrecken-Untersuchung erläutern.

Leitung 1 ist mit Leitung 2 in Berührung. Die Störung wurde zuerst beim Amte *A* bemerkt und dieses hat daher zunächst Veranlassung nach vorher gewonnener Ueberzeugung, dass die Zimmerleitung in Ordnung, auf dem möglichst kürzesten Wege nacheinander die Zwischenämter *B* und *C* zur Isolation einer der beiden Leitungen (in Fig. 171 ist Leitung 1 mit dem Untersuchungs-Galvanometer vom Amte *A* verbunden, mithin würde dieselbe Leitung auch zu isoliren sein) aufzufordern, dem Endamte *D* aber die Zeit der Ausführung dieser Isolationen mitzutheilen, damit von da aus mit beobachtet werde.

Zur Untersuchung dient den Aemtern *A* und *D* je eine Batterie und ein empfindliches Galvanometer. Hat *B* isolirt,

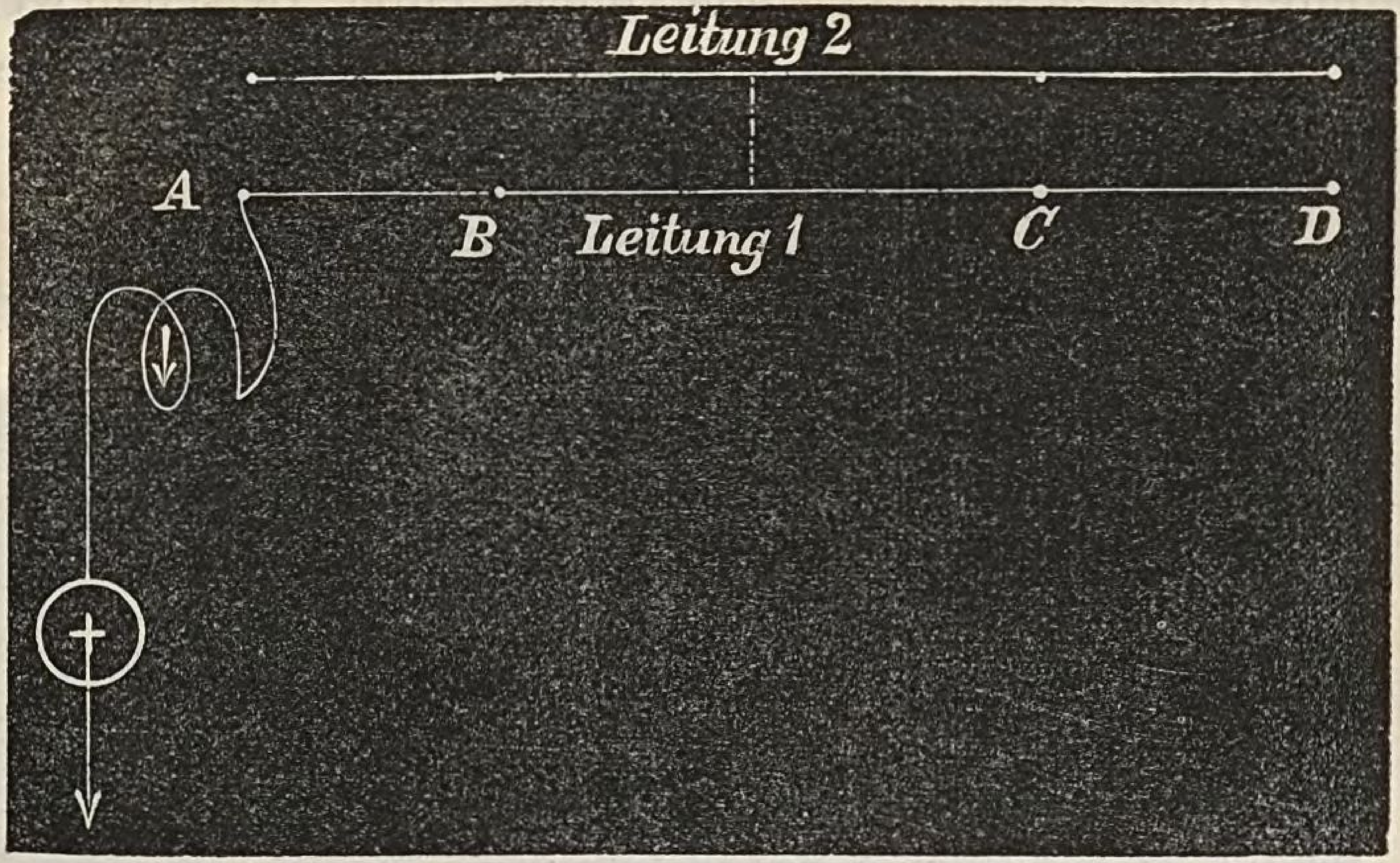


Fig. 171.

so wird, wenn der Fehler zwischen *B* und *C* liegt, kein Ausschlag der Nadel in *A* beobachtet werden, während in *D* die Contact-Erscheinungen fortbestehen. Der umgekehrte Fall muss eintreten, sobald *C* isolirt.

Ist die Leitung zwischen *A* und *D* gerissen und zeigt sich dieselbe bei Tastendruck auf beiden Endämtern stromlos, dann sind die Zwischenämter aufzufordern, in entsprechender Reihenfolge Erdverbindung herzustellen.

Angenommen, die Unterbrechung liege zwischen *A* und *B*, so wird, wenn *B* mit Erde verbindet, eine Veränderung an der

Galvanometernadel in A nicht zu beobachten sein, während letztere in D stark abgelenkt wird.

Zeigt sich eine Leitung bald stromlos, bald in Berührung mit Erde oder einer anderen Leitung, so ist anzunehmen, dass dieselbe gerissen ist, dass aber die Enden nicht immer isolirt in der Luft hängen, sondern etwa vom Winde gegen Ableiter zur Erde oder gegen andere Telegraphen-Leitungen getrieben werden. Um derartige Fehlerstellen einzugrenzen, sind die Zwischenämter zur aufeinanderfolgenden Ausführung von Isolation und Erdverbindung aufzufordern. Der Theil der Leitung ist dann immer als ungestört zu betrachten, in welchem während der Isolation vollständige Stromlosigkeit und während der Erdverbindung constante Ablenkung der Galvanometer-Nadel beobachtet wird.

Für lange directe Leitungen ohne Zwischenämter sind sogenannte Untersuchungsstationen eingerichtet, zwischen welchen etwaige Fehlerstellen in der vorher besprochenen Weise eingegrenzt werden.

B. Fehler-Bestimmungen durch Messung. — Zwei Leitungen L_1 und L_2, deren Widerstände vollständig gleich

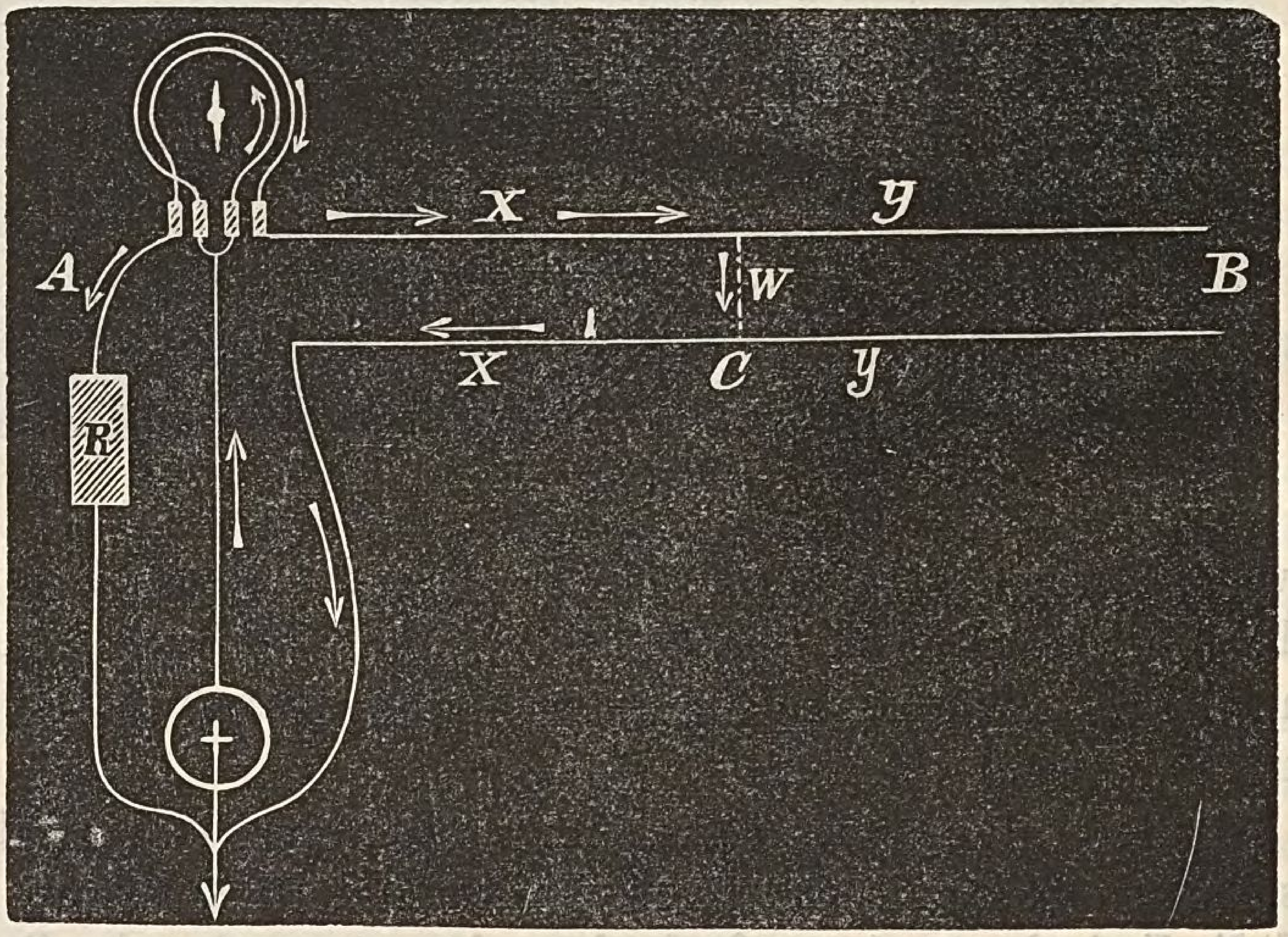


Fig. 172.

sind, seien zwischen A und B in Berührung. Wie weit ist der Ort der Berührung C von A und B entfernt?

Die Messung des Widerstandes soll von A aus mit Hilfe eines Rheostaten und eines Differential-Galvanometers nach der früher besprochenen Differential-Methode (s. S. 63) ausgeführt werden.

Amt B hat beide Leitungen zu isoliren. In A wird die obere Leitung an das Differential-Galvanometer, die untere an Erde gelegt.

Wenn die Nadel auf 0 steht, ist (s. Fig. 172)

$$R = 2x + w$$

(R ist der Rheostaten-Widerstand und w der Widerstand, welcher dem Strome an der Berührungsstelle geboten wird). Isolirt man jetzt in A die untere Leitung und lässt man dieselbe in B mit Erde verbinden, während die obere Leitung in B isolirt bleibt, dann ist (s. Fig. 173)

$$R_1 = x + y + w$$

(R_1 ist der Rheostaten-Widerstand, bei dessen Einschaltung die Galvanometernadel jetzt 0^0 zeigt).

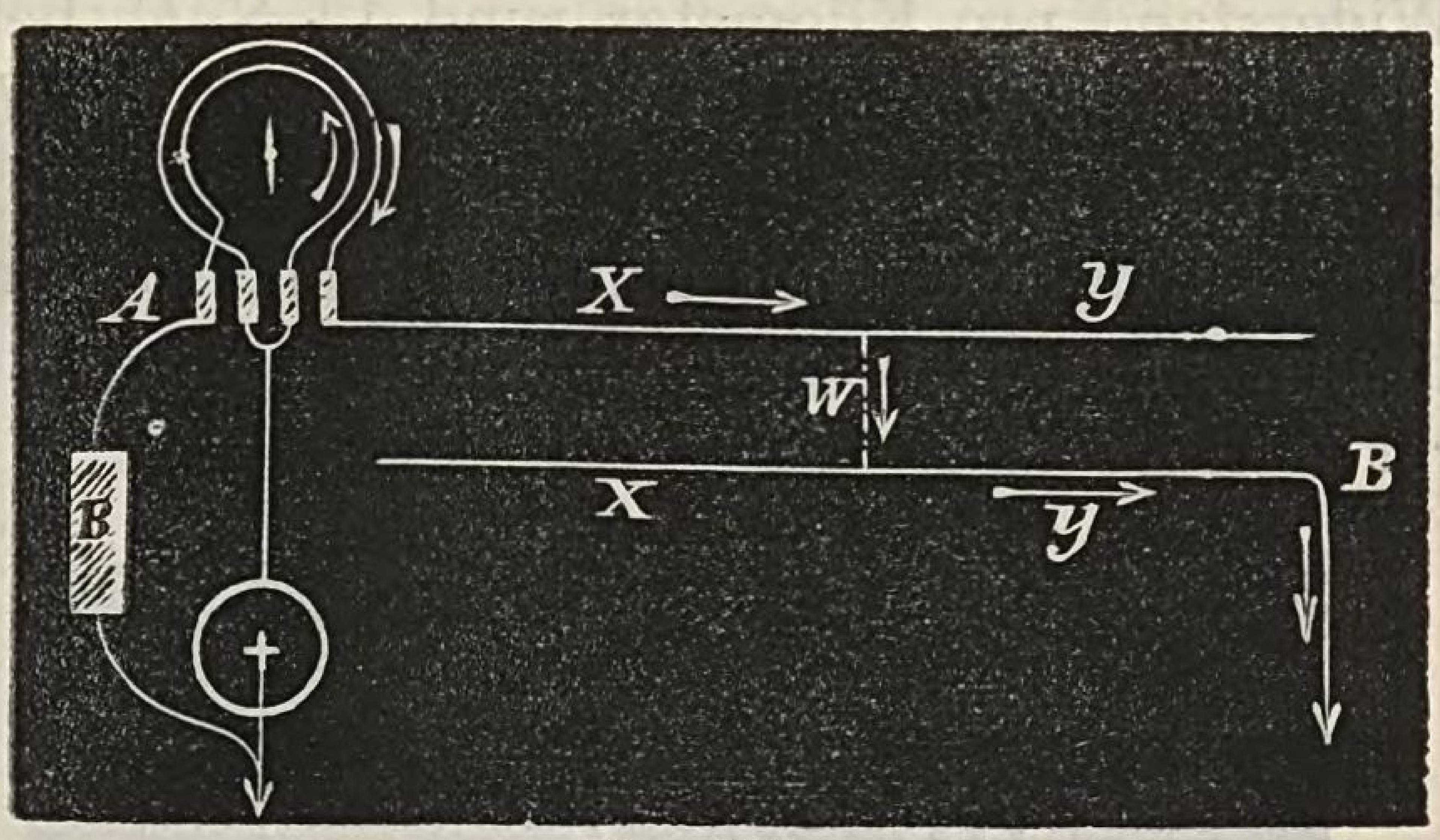


Fig. 173.

Subtrahiren wir beide Gleichungen, so ergiebt sich:

$$\begin{aligned} R &= 2x + w \\ -R_1 &= -x - w - y \\ \hline R - R_1 &= \quad x \quad\quad - y \end{aligned}$$

Da nun $x + y = L$, d. h. der normale Widerstand jeder der beiden Leitungen ist, welcher als bekannt vorausgesetzt wird, so erhalten wir den Werth für x durch Addition der beiden letzten Gleichungen:

$$\begin{aligned} x + y &= L \\ x - y &= R - R_1 \\ \hline 2x &= L + R - R_1 \\ x &= \frac{L + R - R_1}{2}. \end{aligned}$$

Durch Subtraction derselben beiden Gleichungen finden wir den Werth für y:

$$\begin{aligned} x + y &= L \\ -x + y &= -R + R_1 \\ \hline 2y &= L - R + R_1 \\ y &= \frac{L - R + R_1}{2}. \end{aligned}$$

Gesetzt, es sei $L = 600$ *S. E.*, und bei der ersten Messung habe ein Widerstand $R = 500$ *S. E.*, bei der zweiten $R_1 = 800$ *S. E.* eingeschaltet werden müssen, um die Nadel auf 0 einzustellen, dann ist:

$$x = \frac{600 + 500 - 800}{2} = 150 \text{ S. E.}$$

$$y = \frac{600 - 500 + 800}{2} = 450 \text{ S. E.}$$

Ist die Leitung aus 4 mm starkem Eisendraht hergestellt, dessen Widerstand pro Kilometer rund 13 *S. E.* beträgt, dann liegt die Fehlerstelle von *A* 11,5 Kilometer und von *B* 34,6 Kilometer entfernt.

Ist eine Leitung nicht mit einer anderen, sondern mit Erde in Berührung, so führt folgendes Verfahren leicht zur Ermittelung der Fehlerstelle:

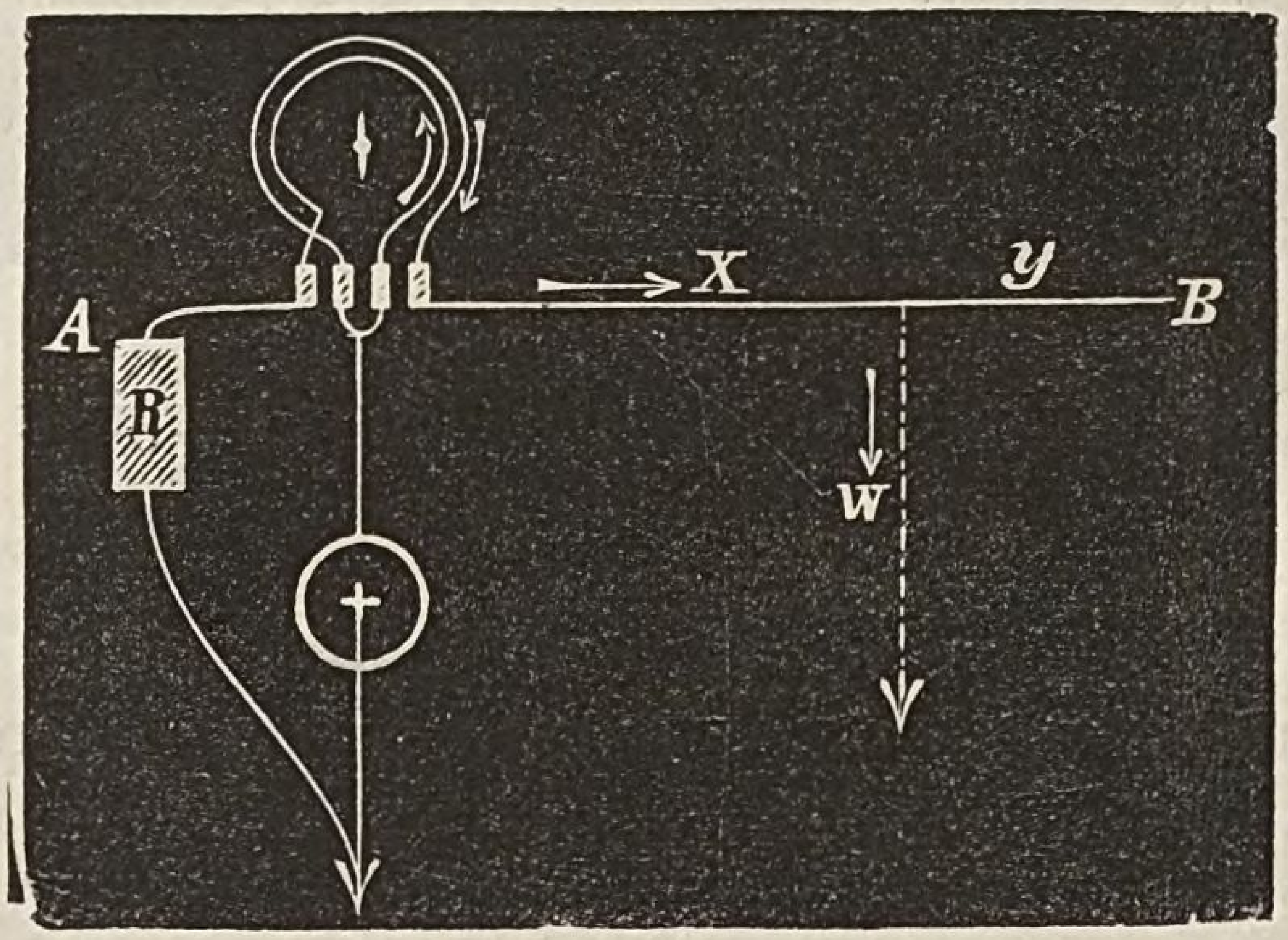


Fig. 174.

Zuerst misst Amt *A*, während *B* die Leitung isolirt (siehe Fig. 174).

$$R = x + w$$

(w bedeutet jetzt den Widerstand der Nebenschliessung).

Isolirt hierauf das Amt *A*, während von *B* die Messung in derselben Weise vorgenommen wird, dann ist:

$$R_1 = y + w.$$

Subtrahiren wir beide Gleichungen, dann:

$$\begin{aligned} R &= x + w \\ -R_1 &= -y - w \\ \hline R - R_1 &= x - y \\ L &= x + y \\ \hline R - R_1 + L &= 2x \end{aligned}$$

$$\frac{R - R_1 + L}{2} = x \text{ und}$$

$$\frac{L - R + R_1}{2} = y.$$

Liegt zwischen *A* und *B* noch eine zweite (nicht gestörte) Leitung, so können mit Hilfe derselben Controle-Messungen ausgeführt und durch dieselben die nach vorstehender Methode erfolgten Feststellungen geprüft werden (s. Fig. 175).

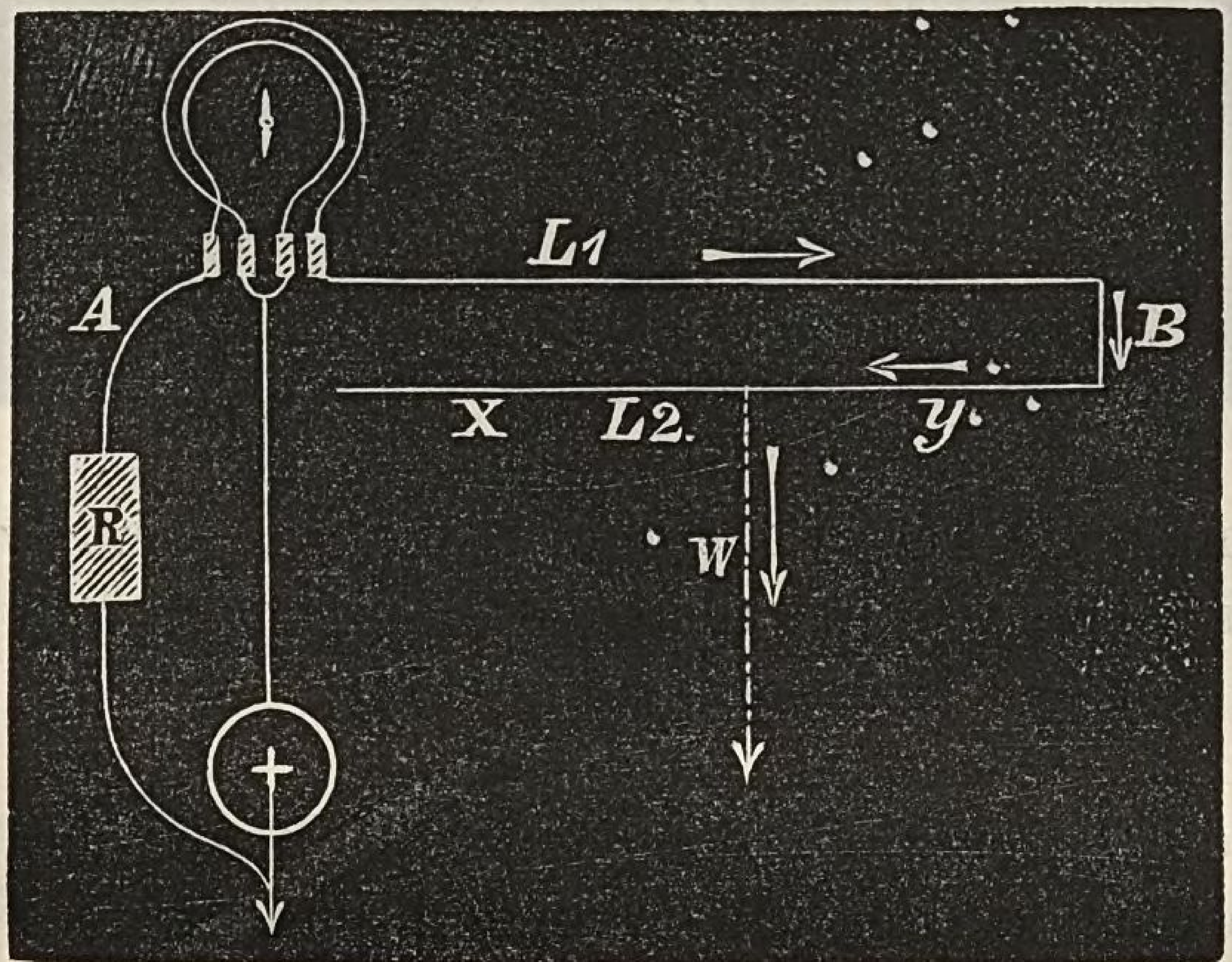


Fig. 175.

Man lässt in *B* beide Leitungen direct mit einander verbinden und legt in *A* die ungestörte Leitung L_1 an das Differential-Galvanometer, während L_2 daselbst isolirt wird, dann ist: $R = L_1 + y + w.$

Verbindet hierauf *A* die beiden Leitungen direct, während *B* die ungestörte Leitung an das Galvanometer legt, und die untere Leitung isolirt (s. Fig. 176), dann ist:

$$R_1 = L_1 + x + w.$$

Durch Subtraction beider Gleichungen erhalten wir:

$$R = L_1 + y + w$$
$$-R_1 = -L_1 - x - w$$
$$R - R_1 = y - x$$
$$L_2 = y + x$$
$$R - R_1 + L_2 = 2y$$
$$\frac{R - R_1 + L_2}{2} = y$$
$$\frac{L_2 + R_1 - R}{2} = x.$$

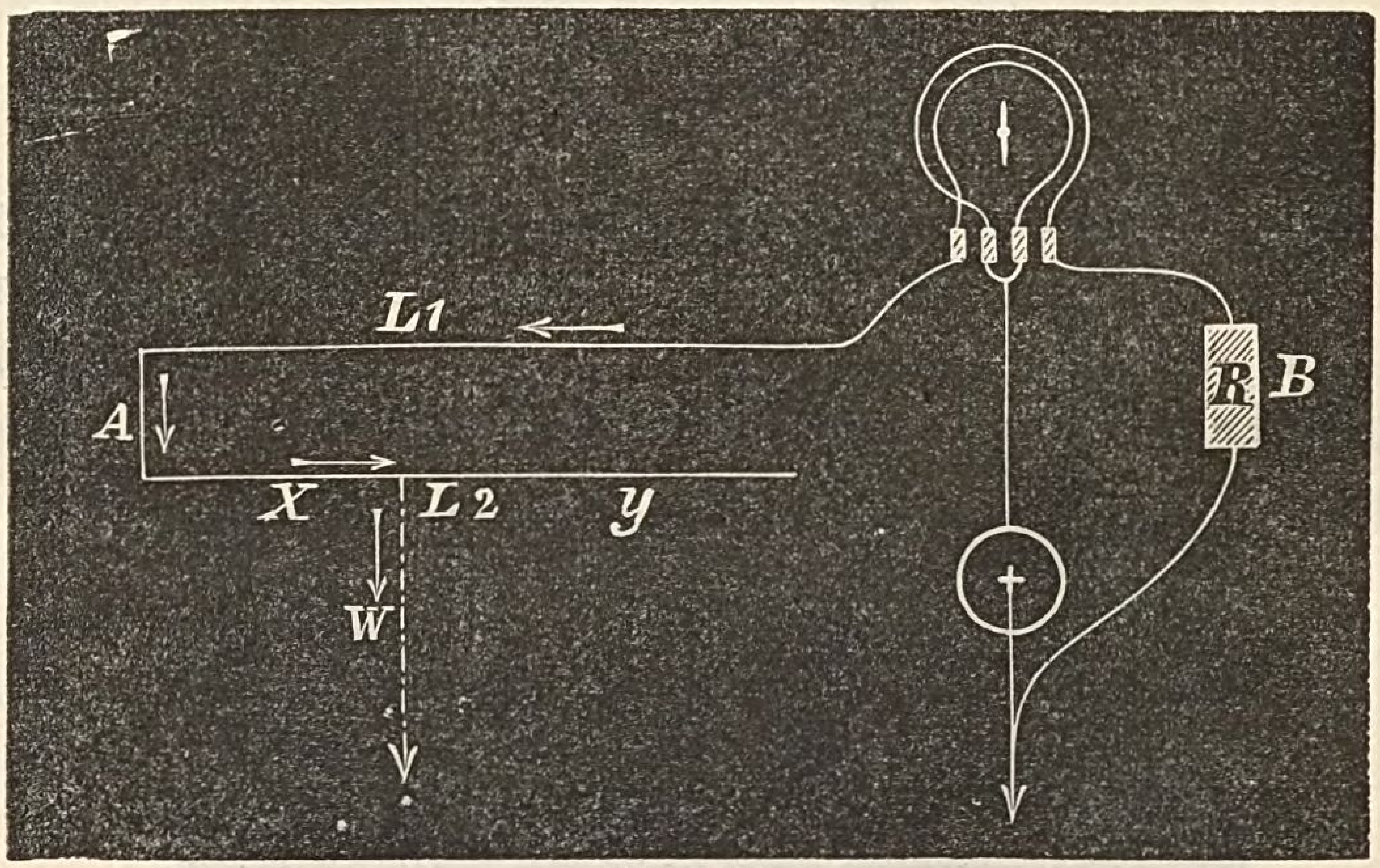


Fig. 176.

Will man die Fehlerlage der Leitung L_2 nur vom Amte A aus feststellen, so lässt man dieselbe zunächst in B isoliren und erhält bei der Messung (s. Fig. 174):

$$R = x + w.$$

Wird die Leitung L_2 demnächst in B mit der nicht gestörten Leitung L_1 direct verbunden und letztere in A an das Differential-Galvanometer gelegt (s. Fig. 175), so ist der zur Einstellung der Galvanometernadel auf 0⁰ einzuschaltende Widerstand:

$$R_1 = L_1 + y + w$$
$$R - R_1 = x + w - L_1 - y - w$$
$$R - R_1 = x - y - L_1$$
$$L_2 = x + y$$
$$R - R_1 + L_2 = 2x - L_1$$
$$\frac{R - R_1 + L_1 + L_2}{2} = x.$$

Ferner lässt sich die Entfernung x einer Nebenschliessung von einem Amte aus noch in folgender Weise bestimmen:

In B wird (s. Fig. 177) die gestörte Leitung L_2 mit der fehlerfreien Leitung L_1 direct verbunden, während man bei der Untersuchungsstelle A die beiden freien Enden der aus den Leitungen L_1 und L_2 gebildeten Schleife — unter Zwischenschaltung des Rheostaten R (am freien Ende der Leitung L_2) — an das Differential-Galvanometer legt. Beide Stromzweige, welche jetzt die Galvanometerdrähte durchfliessen und in entgegengesetztem Sinne auf die Nadel wirken, werden durch die Nebenschliessung w zur Erde abgeleitet, der eine nach Ueberwindung des Widerstandes $L_1 + y$, der andere nach Ueberwindung des Widerstandes $R + x$. Hat man mittels des

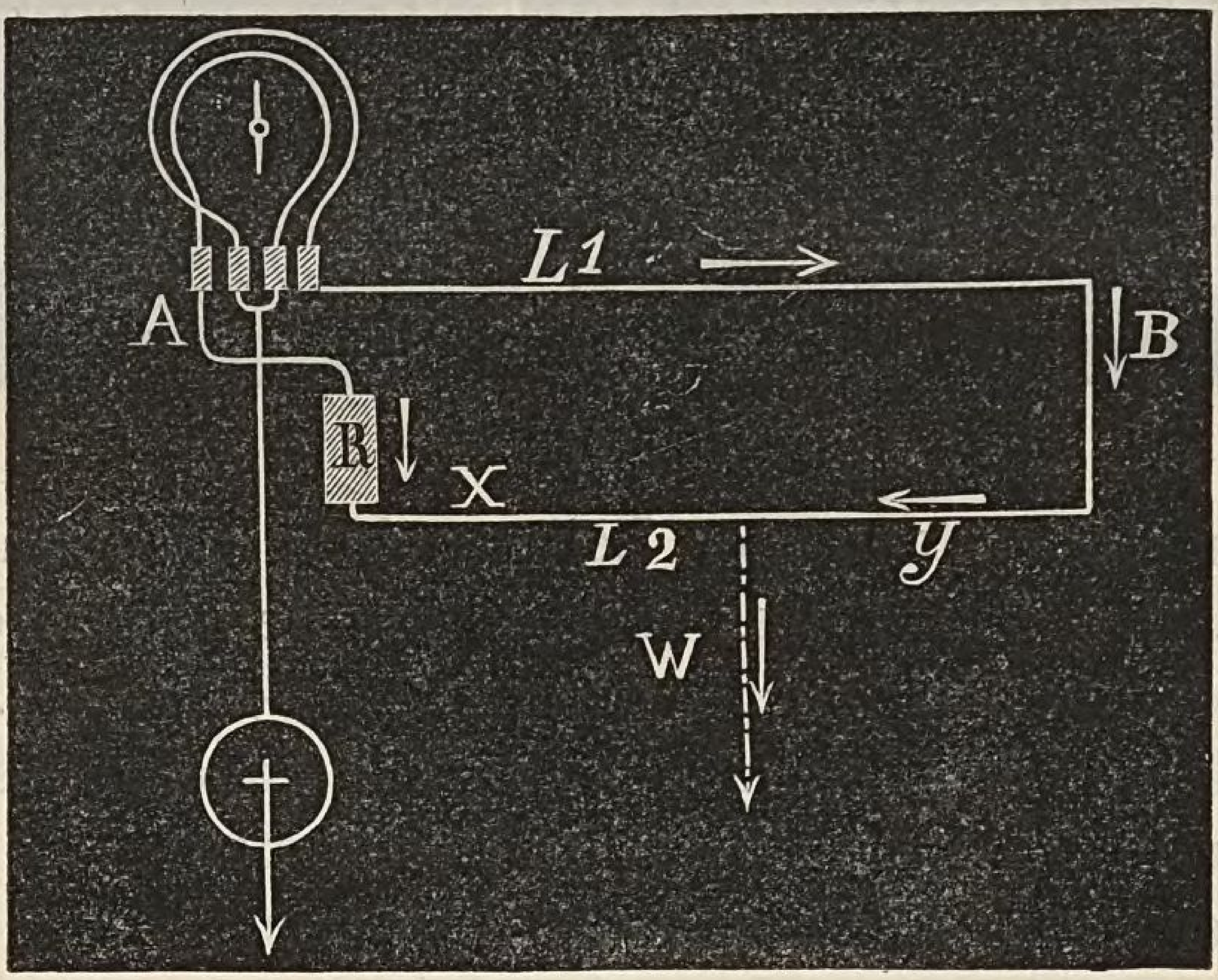


Fig. 177.

Rheostaten den künstlichen Widerstand so regulirt, dass die Galvanometernadel auf 0° zeigt, so ist:

$$R + x = L_1 + y$$
$$L_2 = x + y$$
$$x = \frac{L_1 + L_2 - R.}{2}$$

Die Gesetze der Stromtheilung ermöglichen es, die Lage der Fehlerstelle auch ohne zweite Leitung von einem Amte aus in folgender Weise zu bestimmen:

Geschieht die Messung von A aus, so wird B zunächst aufgefordert, die gestörte Leitung zu isoliren. Dann ist

$$R = x + w.$$

Nachdem dies festgestellt ist, lasse man in B die Leitung mit Erde verbinden. Nennen wir den jetzt mit Hilfe des Rheostaten zur Herstellung des Gleichgewichtes der auf die Galvanometernadel wirkenden Stromstärken eingeschalteten Widerstand R_1, so ist (s. Fig. 178) derselbe:

$$R_1 = x + \frac{yw}{y + w}$$

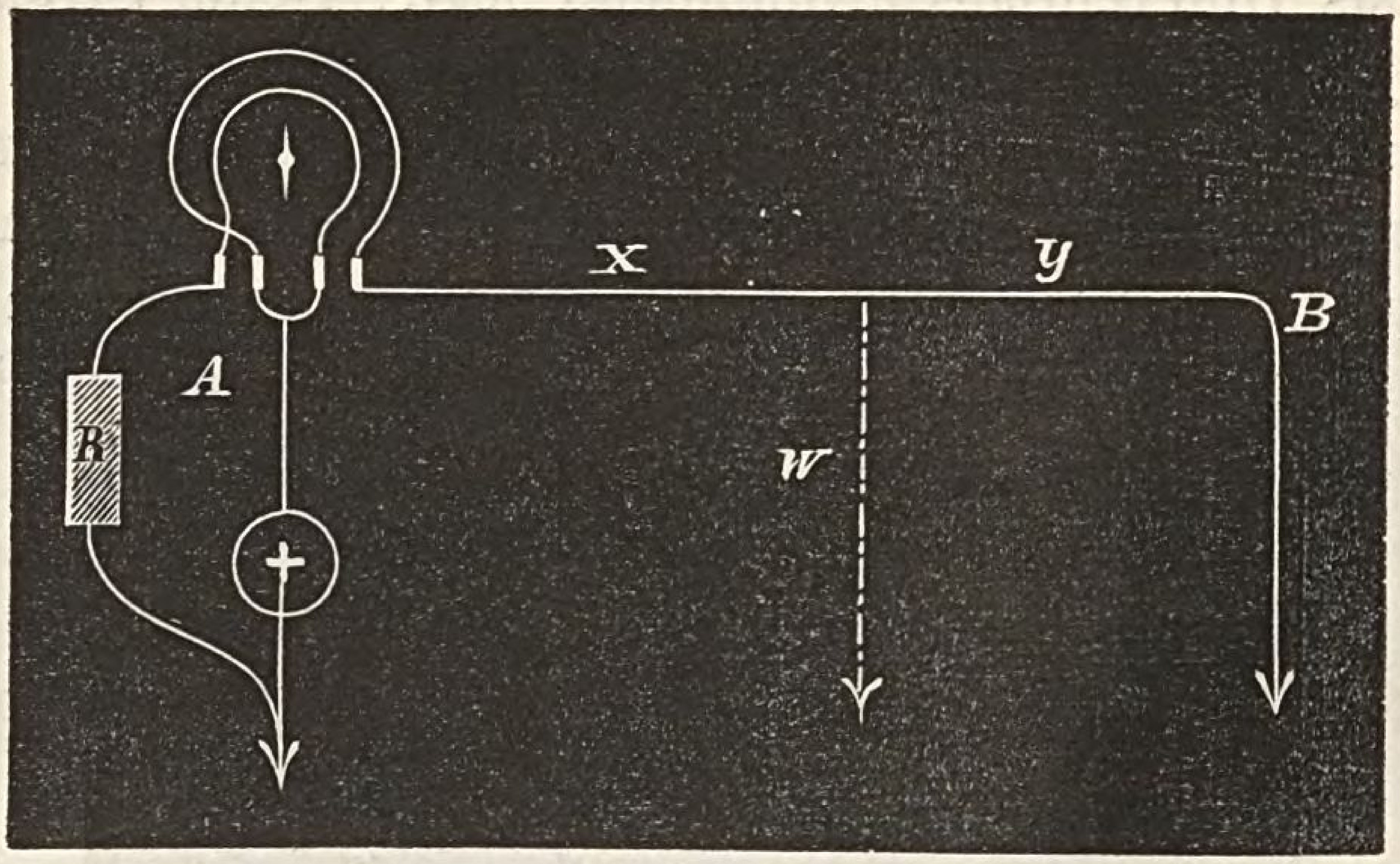


Fig. 178.

Ist der Widerstand der Leitung in normalem Zustande bekannt (z. B. l $S. E.$), was ja auch bei den früheren Bestimmungen vorausgesetzt wurde, dann ist: $x + y = l$.

Aus diesen drei Gleichungen sind die unbekannten Grössen x, y und w in folgender Weise zu bestimmen:

Aus der ersten Gleichung erhalten wir:

$$w = R - x$$

aus der zweiten:

$$w = \frac{y\,(x - R_1)}{R_1 - x - y}$$

Setzen wir beide Werthe für w einander gleich:

$$R - x = \frac{y\,(x - R_1)}{R_1 - x - y}$$

$$RR_1 - Rx - Ry - R_1\,x + x^2 + xy = xy - yR_1$$

$$R_1\,y - Ry = Rx + R_1\,x - x^2 - RR_1$$

$$y = \frac{Rx + R_1\,x - x^2 - RR_1}{R_1 - R}$$

Nach der dritten Gleichung

$$l = x + y$$

ist:

$$y = l - x$$

Setzen wir beide Werthe für y einander gleich:

$$l - x = \frac{Rx + R_1 x - x^2 - RR_1}{R_1 - R}$$

$$R_1 l - Rl - R_1 x + Rx = Rx + R_1 x - x^2 - RR,$$
$$R_1 l - Rl + RR_1 = - x^2 + 2 R_1 x$$
$$x^2 \quad - 2 R_1 x = R l - R_1 l - RR_1$$
$$x^2 \quad - 2 R_1 x = l (R - R_1) - RR_1$$

Addiren wir (um die gemischt quadratische Gleichung aufzulösen) zu beiden Seiten der Gleichung $R_1{}^2$, so ergiebt sich:

$$x^2 - 2 R_1 x + R_1{}^2 = R_1{}^2 + l (R - R_1) - RR_1$$
$$(x - R_1)^2 = R_1{}^2 + l (R - R_1) - RR_1$$

oder:

$$x - R_1 = \pm \sqrt{R_1{}^2 + l (R - R_1) - RR_1}$$
$$x = R_1 \pm \sqrt{R_1{}^2 + l (R - R_1) - RR_1}$$
$$x = R_1 \pm \sqrt{l (R - R_1) - R_1 (R - R_1)}$$
$$x = R_1 \pm \sqrt{(R - R_1)(l - R_1)}$$
$$w = R - x$$
$$y = l \quad - x$$

Um zu ermitteln, ob für die Ausrechnung von x der positive oder negative Wurzelwerth zu nehmen ist, haben wir folgende Betrachtung anzustellen:

Die Wurzel aus einem Product zweier gleicher Factoren ist gleich dem einen Factor:

z. B. $\sqrt{2 . 2} = 2$

$\sqrt{5 . 5} = 5$ u. s. w.

Besteht ein Product aus zwei ungleichen Factoren, so liegt die Wurzel desselben zwischen jenen Factoren:

z. B. $\sqrt{2 . 8} = 4$

$\sqrt{3 . 12} = 6$ u. s. w.

Die betreffende Wurzel ist also immer grösser, als der eine und kleiner als der andere Factor.

Ist also:

$$R - R_1 > \sqrt{(R - R_1)(l - R_1)}$$

so ist:

$$l - R_1 < \sqrt{(R - R_1)(l - R_1)}$$

und umgekehrt.

Nehmen wir nun an:

$$x = R_1 + \sqrt{(R - R_1)(l - R_1)}$$

dann ist:

$$w = R - x = (R - R_1) - \sqrt{(R - R_1)(l - R_1)}$$

$$y = l \; - x = (l \; - R_1) - \sqrt{(R - R_1)(l - R_1)}.$$

Wenn also nicht w oder y negativ sein soll, so muss sowohl $(R - R_1)$ als auch $(l - R_1)$ grösser sein als

$$\sqrt{(R - R_1)(l - R_1)}.$$

Da dies aber den vorher angeführten Bedingungen widerspricht, so kann die Annahme des positiven Wurzelwerthes in der Gleichung für x nicht richtig sein. Vielmehr ist zu setzen:

$$x = R_1 - \sqrt{(R - R_1)(l - R_1)}$$

dann wird:

$$w = (R - R_1) + \sqrt{(R - R_1)(l - R_1)}\,*$$

$$y = (l \; - R_1) + \sqrt{(R - R_1)(l - R_1)}.$$

Selbstverständlich ist die Richtigkeit der Auflösung noch an die Bedingung geknüpft,

$$\text{dass } R_1{}^2 > (R - R_1)(l - R_1)$$

$$\text{oder } R_1 > \sqrt{(R - R_1)(l - R_1)}.$$

Endlich soll hier zur Bestimmung der Fehlerlage einer Leitung mit Nebenschliessung noch der auf das Princip der Wheatstone'schen Brücke zurückzuführenden sogenannten Schleifenmethode (loop test) Erwähnung geschehen.

Nach Fig. 179 wird beim Untersuchungs-Amte A die gestörte Leitung CD an das freie Ende des Rheostaten R, die

* Nach dieser Methode lässt sich auch der Erdleitungswiderstand eines Zwischenamts von einem Endamte aus bestimmen. Denken wir uns das beregte Zwischenamt in die beiden Leitungszweige x und y geschaltet. A misst — während B isolirt und das Zwischenamt Erdstellung genommen hat — den Widerstand der Leitungsstrecke bis zum Zwischenamte einschliesslich der Erdleitung und erhält:

$$R = x + w,$$

dann lässt A auch in B Erdstellung nehmen und stellt den Widerstandswerth

$$R_1 = x + \frac{yw}{y + w}$$

und endlich nach Aufhebung der Erdverbindung beim Zwischenamte und Directschaltung beider Leitungszweige daselbst den Leitungswiderstand

$$l = x + y$$

fest, dann ist:

$$w = R - R_1 + \sqrt{(R - R_1)(l - R_1)}.$$

fehlerfreie Leitung AB an den Knotenpunkt A des aus den künstlichen Widerständen a, b, R und der Brücke AK gebildeten Systemes gelegt. Sind die Leitungen AB und CD am anderen Ende direct verbunden, so wird zwischen den Punkten A und K kein Stromesübergang stattfinden, d. h. die Nadel

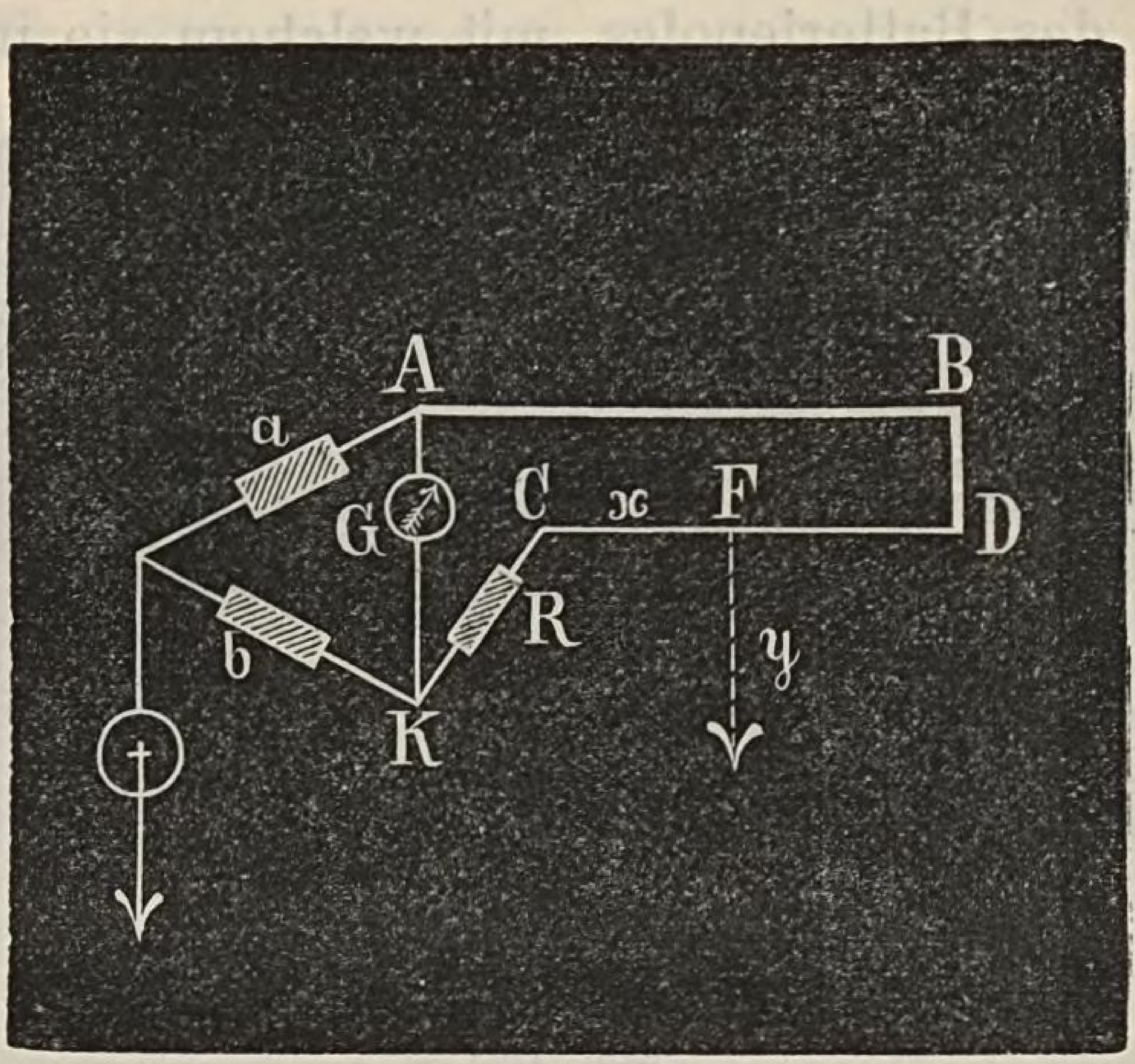


Fig. 179.

des in jenen Ausgleichungsweg (der Brücke) geschalteten Galvanometers wird keine Ablenkung erfahren, wenn:

$$a\,(R + CF) = b\,(AB + DF).$$

Bezeichnen wir CF, die Entfernung der Fehlerstelle von A mit x, den Widerstand der Leitung AB mit l_1 und den der Leitung CD mit l_2, so ist $DF = l_2 - x$ und daher:

$$aR + ax = b\,(l_1 + l_2 - x)$$

$$x = \frac{b\,(l_1 + l_2) - aR}{a + b}$$

Werden die beiden Widerstände a und b einander gleich gemacht, so ist:

$$x = \frac{a\,(l_1 + l_2 - R)}{2a} = \frac{l_1 + l_2 - R}{2}$$

Rückstrom in Telegraphenleitungen. — Wenn man eine längere, am Ende isolirte Telegraphenleitung auf dem Amte A (s. Fig. 180) durch abwechselndes Niederdrücken und Loslassen der Taste in schneller Reihenfolge bald mit Batterie, bald durch den Schreibapparat mit Erde verbindet, dann wird

jedes Mal, wenn Letzteres erfolgt, der Elektromagnet von einem elektrischen Strome beeinflusst, welcher in seinem Auftreten einige Aehnlichkeit mit dem S. 145 besprochenen Extrastrome hat. Dieser Erscheinung liegt Folgendes zu Grunde:

Sobald man in *A* Taste drückt, wird die Leitung *AB* als Fortsetzung des Batteriepoles, mit welchem sie in Verbindung

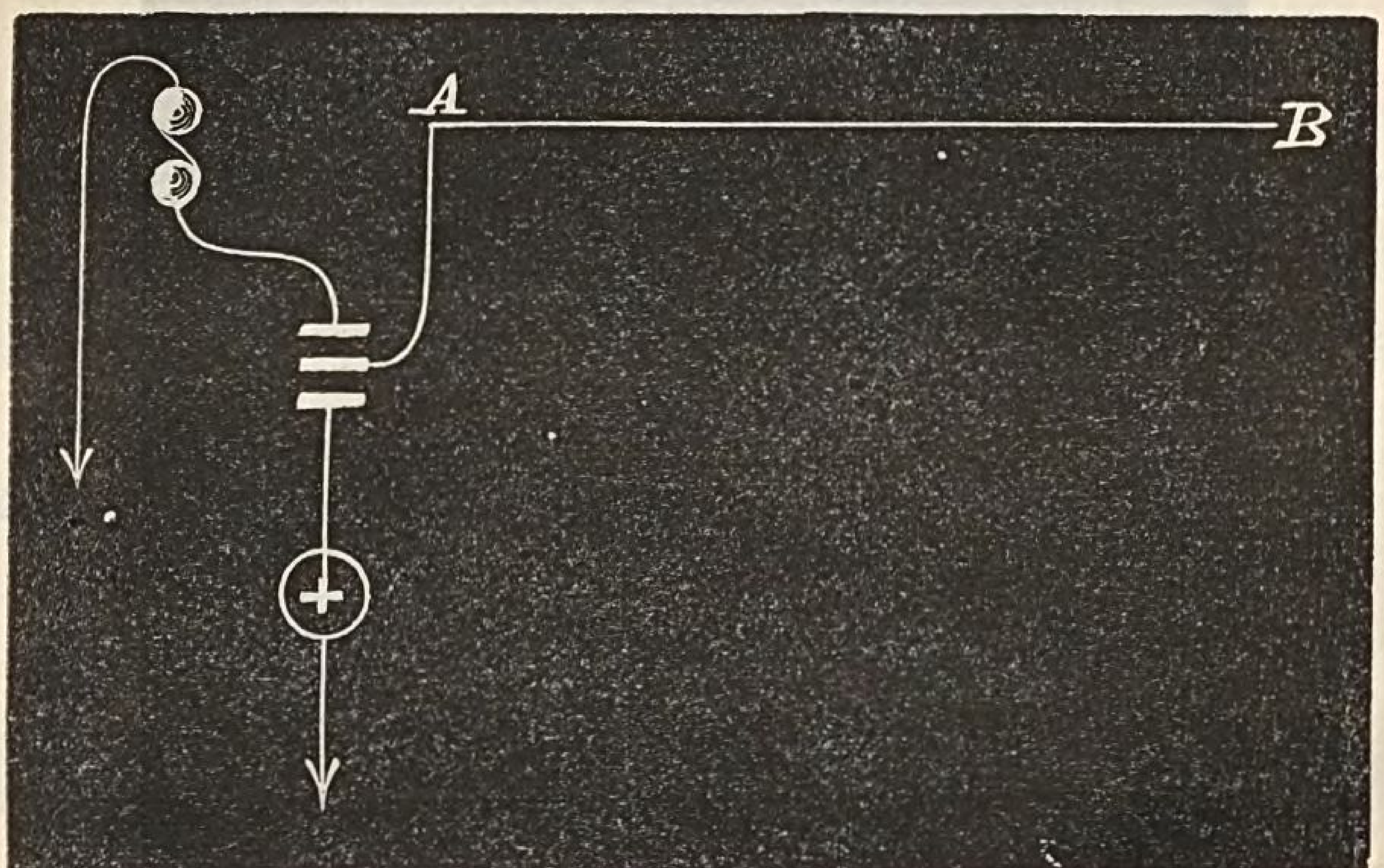


Fig. 180.

getreten ist, selbst elektrisch und erhält in allen ihren Punkten gleiche Spannung, nämlich diejenige der in der Batterie erzeugten elektrischen Fluiden. Wird nun die Verbindung der Batterie mit der Leitung durch Loslassen der Taste wieder aufgehoben, so findet die über die Leitung verbreitete Elektricität einen Ausgleichungsweg durch die Elektromagnet-Umwindungen zur Erde.*

Die hierdurch bedingten Ankeranziehungen sind um so kräftiger, je länger die isolirte Leitung und je stärker die ladende Batterie ist, und endlich je schneller man die isolirte Leitung abwechselnd mit Batterie und Elektromagnet-Umwindungen in Verbindung bringt. Drückt man zu lange Taste, so gleicht sich die Elektricität der Leitung, wenn nicht durch andere Nebenschliessungen, durch die Luft aus.

Die aus einer am Ende isolirten Leitung zurückfliessende Elektricität nennt man Rückstrom. Auch wenn eine lange Leitung auf dem Endamte zur Erde geführt ist, tritt in dieser

* Ueber den Rückstrom in Folge statischer Ladung vgl. den folgenden Abschnitt.

die eben besprochene Erscheinung — jedoch mit geringerer Wirksamkeit auf: die nach vorherigem Tastendrucke im Augenblicke des Oeffnens des Stromkreises in der Leitung noch vorhandene Elektricität findet auf beiden Enden derselben, in *A* über hintere Tastenschiene durch die Elektromagnet-Umwindungen (s. Fig. 181) und in *B* direct einen Ausgleichungsweg zur Erde. Auch diese Rückströme sind um so stärker, je länger die Leitungen sind, und e mehr der bei *B* zur Erde abfliessenden Elektricität daselbst Widerstand geboten wird. Dem Telegraphirstrome entgegengerichtet, schwächen sie denselben und erschweren das Telegraphiren in langen Leitungen ungemein. Um deutliche Zeichen auf dem Endamte zu erzeugen, muss langsam telegraphirt werden, damit die in die Leitung geschickte Elektricität Zeit hat, sich für jede neue Stromsendung zu entladen.

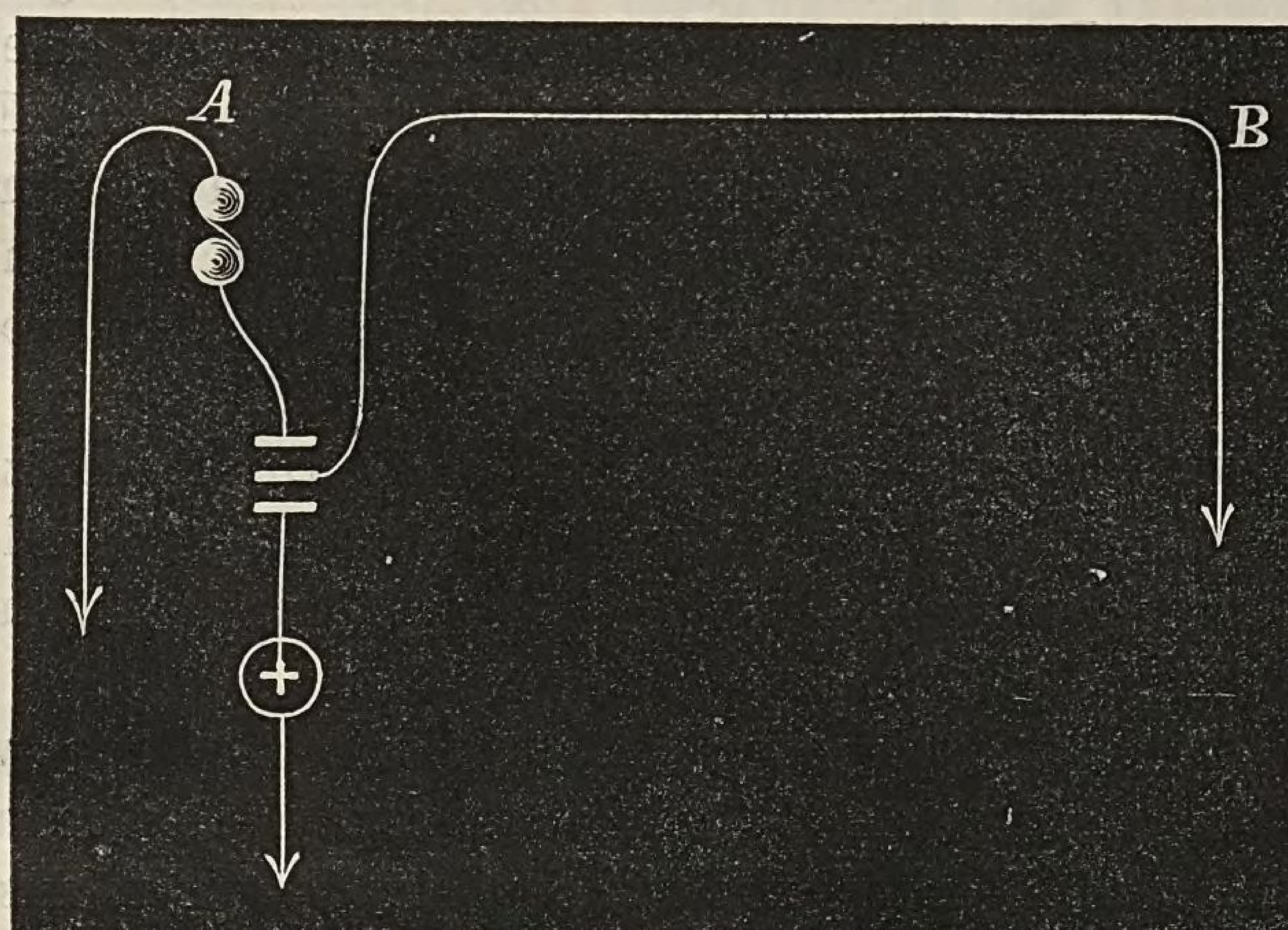


Fig. 181.

Engelbert Matzenauer schlug zur Ableitung der Rückschläge vor, das mit dem Pole der Linienbatterie in Verbindung zu bringende Leitungsende, welches an der Taste durch den metallenen Drücker und an dem zur Uebertragung verwendeten Morse'schen Schreibapparate (bezw. Relais) durch den Schreibhebel vertreten wird, während seiner Bewegung von einem Contactpunkte zum andern vorübergehend, aber direct mit der Erdleitung in Berührung zu bringen (s. Zeitschrift des deutsch-österreichischen Telegraphen-Vereins; Jahrg. VI, S. 95).

Elfter Abschnitt.

Kabel-Telegraphie.

Geschichtliches. — Während die oberirdische Telegraphenleitung aus blankem Metalldraht nur durch die sogenannten Isolatoren aus Porzellan, Glas oder Horngummi vor einer durch seine Träger (Stangen) vermittelten Verbindung mit Erde zu schützen ist, muss der in die Erde zu legende oder durch Wasser zu führende Leitungsdraht in seiner ganzen Länge isolirt, d. h. mit nicht leitendem Materiale umgeben werden.

Schon Sömmering wollte im Jahre 1808 die zu seinem chemischen Telegraphen nothwendigen 27 Drähte einzeln mit Seide umspinnen und dann zusammen durch Glas und Thonröhren vom Erdboden isoliren. Zur Ausführung ist indessen diese Idee nicht gekommen.

Der erste, welcher eine unterirdische Leitung wirklich hergestellt hat, war Jacobi in Petersburg. Derselbe umwand Kupferdrähte mit Kautschuk* und isolirte dieselben ausserdem noch durch übergezogene Glasröhren vom Erdboden. Auf diesem Wege wurde aber keine ausreichende Isolation erzielt, da die Feuchtigkeit des Bodens die Nähte des Kautschuks,

* Das Kautschuk gerinnt aus dem Milchsaft einer ganzen Reihe verschiedenartiger Bäume: In Brasilien, Guayana und Peru wird es von den Federharzbäumen der Geschlechter *Siphonia,* in Ostindien von der *Ficus elastica,* in Afrika von Brodfruchtbäumen und der *Vahea gummifera* auf Madagascar gewonnen.

Das Kautschuk schmilzt bei 200° zu einer schmierigen Masse und zersetzt sich hierbei theilweise, so dass es nach dem Erkalten nicht wieder fest wird. (S. Schellen „Der elektromagnetische Telegraph", S. 240, 1870.)

sowie die Verbindungsstellen der Glasröhren durchdrang und die letzteren auch häufig zerbrachen.

Im Jahre 1846 (vgl. die elektrische Telegraphie von Dr. W. Siemens 1866) versuchte W. Siemens den Leitungsdraht mittels einer Umhüllung von Guttapercha,* welches Material eben bekannt geworden war, zu isoliren, und schon im Jahre 1847 entschloss sich die preussische Regierung, gestützt auf die guten Ergebnisse der mit Guttaperchadrähten inzwischen gemachten Versuche, dieselben in grösserem Maassstabe anzuwenden. Leider widerstand auch diese Isolationsmasse, da die Leitungen ohne besonderen Schutz in die Erde gelegt waren, den auf sie einwirkenden äusseren Einflüssen nicht. Einerseits veränderte der durch den Boden zu den Drähten gelangende Sauerstoff der Luft die Guttapercha dergestalt, dass sie ihren Zusammenhang und ihre Isolationsfähigkeit allmählich verlieren musste, anderseits verband sich der Schwefel, durch dessen Beimischung man der Guttapercha eine grössere Dauer zu geben versucht hatte, mit dem Kupfer des Leitungsdrahtes zu Schwefelkupfer, welche Verbindung der Strom bei seinem Durchgange durch das Kabel wieder zersetzte. Bei diesem Processe wurde die vom Schwefelkupfer durchzogene Guttapercha theilweise mitzerstört. Dazu kam noch, dass die zu jener Zeit zur Kabelfabrikation verwendeten Maschinen noch zu unvollkommen waren, um mit denselben einen überall gleichmässigen Guttapercha-Ueberzug um den Kupferdraht herstellen zu können.

Nach diesen so ungünstigen Erfahrungen ist man überall zu oberirdischen Leitungen übergegangen, bis die Schwierigkeit einer Anbringung derselben in grösseren Städten, sowie die Nothwendigkeit, erst Flüsse, dann Seen und Meere mit Leitungen unter Wasser zu durchziehen, zu einer Vervollkommnung der Kabelfabrikation drängte.

Die ersten mit Erfolg hergestellten Unterwasserleitungen waren eine im Frühjahre 1848 ausgeführte Leitung im Kieler

* Guttapercha ist — wie Kautschuk — der verdickte Milchsaft von Bäumen, hauptsächlich der *Isonandra Gutta*, welcher Baum auf den Sunda-Inseln Borneo, Java, Sumatra eine Höhe von etwa 20 m erreicht. Obgleich das Isolationsvermögen der Guttapercha das des Kautschuks nicht ganz erreicht, empfiehlt es sich zur Isolirung von Telegraphendrähten seiner grösseren Dauerhaftigkeit wegen mehr, wie jenes Material.

Hafen zur Entzündung unterseeischer, gegen die dänischen Kriegsschiffe angelegter Minen und die Kabelführung durch den Rhein bei Cöln. Bald darauf unternahmen die Engländer die Legung grösserer submariner Leitungen. Die mit Guttapercha isolirten Drähte wurden zu dem Zwecke erst mit getheertem Hanf und dann mit Eisendrähten dicht umwunden, wodurch sie eine grosse Festigkeit erhielten und vor äusseren Beschädigungen geschützt waren.

Bis zum Jahre 1865 hatte sich die Kabelfabrikation bereits so weit vervollkommnet, dass im Laufe desselben das grosse Problem der Herstellung einer directen telegraphischen Verbindung zwischen Europa und Amerika glücklich gelöst werden konnte.

Im Jahre 1877 betrug die Anzahl der auf der ganzen Erde vorhandenen unterseeischen Kabel mit Einschluss derjenigen, welche durch Meeresbuchten und Flussmündungen verlegt sind, schon 569. Dieselben hatten eine Gesammtlänge von 63,989,78 Seemeilen.*

Bei der so raschen Ausbreitung des unterseeischen Telegraphennetzes hatte man an Sicherheit in der Anfertigung und Legung von Kabeln soviel gewonnen, dass sich das seitens der Deutschen Reichs-Telegraphen-Verwaltung diesem Zweige der Technik entgegengebrachte Vertrauen bei nun folgenden umfangreicheren Versuchen, oberirdische Leitungen durch unterirdische zu ersetzen, in jeder Beziehung rechtfertigte.

In der Zeit vom 13. März bis zum 28. Juni 1876 wurde mit der Verlegung des etwa 170 Kilometer langen Kabels von Berlin nach Halle die Herstellung eines unterirdischen Telegraphennetzes begonnen, welches Ende 1890 bereits 5847 km Linie umfasste.

Construction der Kabel. — Man unterscheidet die Kabel:

1. nach ihrer Verwendung in Land-, Fluss-, Tiefsee- und Küstenkabel,
2. nach der Anzahl der isolirten Leitungsdrähte in ein-, drei-, vier- und siebenadrige Kabel.

* Journal télégraphique Nr. 29, 1877 (Anhang).

(Eine Verseilung von 2, 5, 6 und 8 Drähten ist deshalb unvortheilhaft, weil hierbei, um dem Kabel eine gleichmässige Form zu geben, viel Ausfüllungsmaterial unnütz verschwendet werden muss.)

Der Leitungsdraht jeder Ader wird in der Regel nicht aus einem Draht, sondern aus mehreren dünnen Kupferdrähten gebildet. Die durch Zusammendrehen der letzteren hergestellte Litze wird zunächst mit *Chatterton compound,* einer dickflüssigen Mischung aus Guttapercha, Holztheer und Harz umgeben, darauf mit einer Lage Guttapercha umpresst, auf welche letztere wieder eine Lage *Chatterton compound* und darauf die zweite Lage Guttapercha gebracht wird.*

Die so fertig gestellte Guttaperchaader wird zunächst auf Stromfähigkeit des Leiters und Isolation der Umhüllung sorgfältig geprüft. Erstere Prüfung besteht in dem Messen des Widerstandes unter Berücksichtigung der Temperatur nach

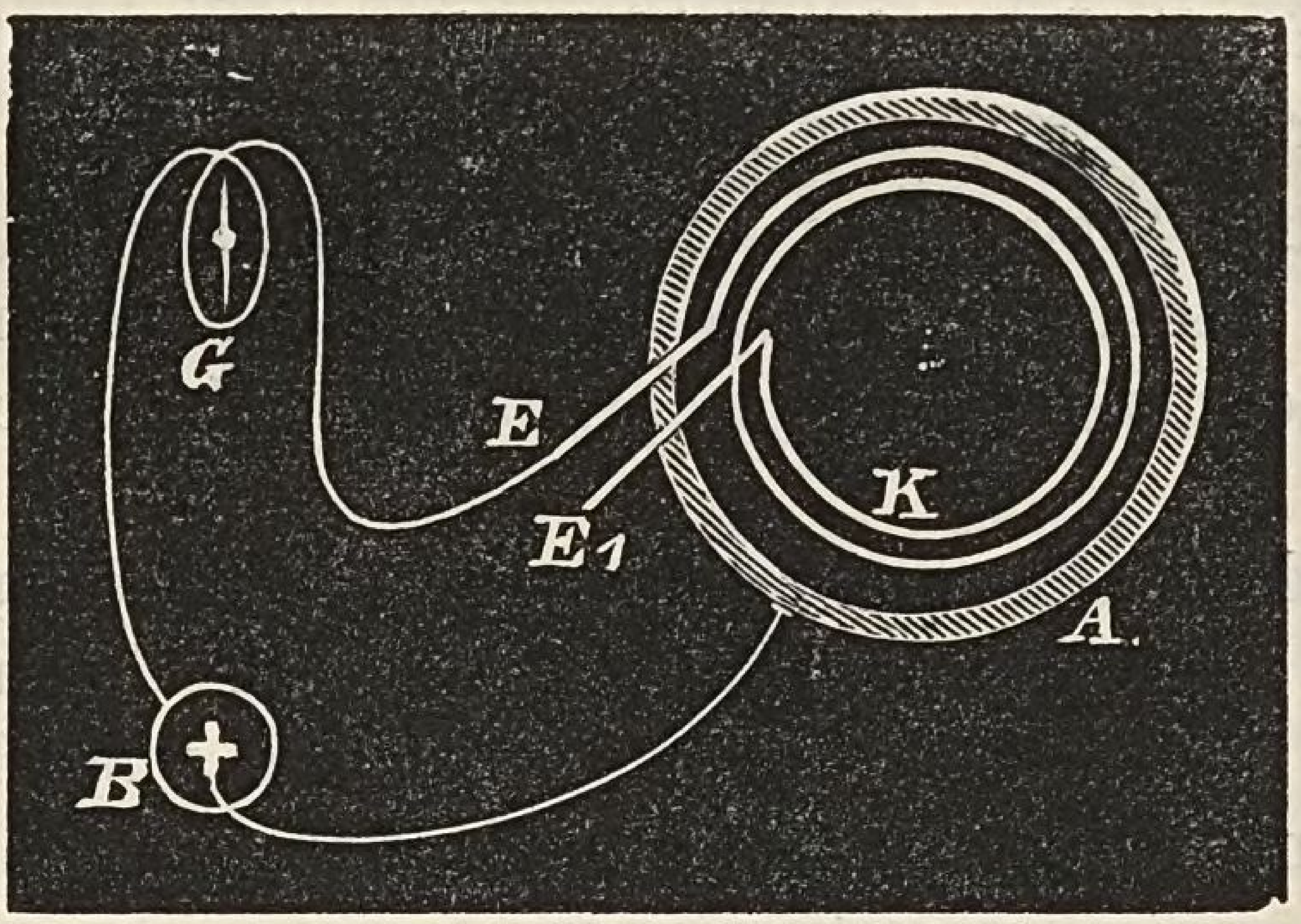


Fig. 182.

einer später noch zu besprechenden Methode. Behufs Prüfung auf Isolation bringt man (s. Fig. 182) die Kabelader in ein gusseisernes Gefäss *A*, welches mit schwach gesäuertem Wasser angefüllt ist. Verbindet man jetzt den Umwindungsdraht eines empfindlichen Galvanometers einerseits mit dem von der Guttapercha befreiten Ende der Ader, deren anderes Ende E_1 ausserhalb des Gefässes isolirt bleibt, anderseits mit dem einen Pole der Untersuchungs-Batterie *B*, deren zweiter Pol mit der

* Tiefseekabel werden unter Fortsetzung des erwähnten Verfahrens mit 3—4 Guttaperchalagen umpresst.

Wandung des gusseisernen Gefässes in leitender Verbindung steht, so wird die Galvanometernadel abgelenkt, sobald auch nur der geringste Isolationsfehler an dem Kabeldrahte vorhanden ist. Der Strom aus der Batterie geht durch die Galvanometer-Umwindungen in den Guttaperchadraht und wird an der schadhaften Stelle durch das gesäuerte Wasser und die eiserne Wandung des Gefässes zur Batterie zurückgeleitet.

Damit das gesäuerte Wasser in alle etwaigen Poren und unsicheren Verbindungsstellen der Guttapercha mit dem Drahte eindringen kann, wird nach einem hermetischen Verschlusse des Gefässes der Inhalt desselben einem Drucke von etwa zehn Atmosphären ausgesetzt. Hat sich der Draht als fehlerhaft erwiesen, so zieht man denselben langsam aus dem Wasser heraus und beobachtet dabei die Nadel. Sobald sich die Fehlerstelle ausserhalb des eisernen Behälters befindet, geht jene auf Null zurück.

Man kann die Lage der Fehlerstelle selbstverständlich auch durch Widerstandsmessung bestimmen.

In welcher Weise man den Isolationswiderstand der Guttapercha feststellt, soll gelegentlich der Besprechung der für Kabelmessungen vorgeschriebenen Methoden erörtert werden.

Die fehlerfreien und den gestellten Bedingungen entsprechenden Guttapercha-Adern werden zu einem Taue, der sogenannten Kabelseele verseilt.* Letztere umgiebt man mit in Holzkohlentheer getränktem Jute-Hanf so, dass der Zwischen-

* Nach Angabe des Archivs für Post und Telegraphie S. 612, 1878, betrug die Länge der für die deutschen Anlagen verwendeten einzelnen Kabel bei der Lieferung von Felten und Guilleaume 800 und 1000 m, bei der Lieferung von Siemens und Halske 1500 m.

Bei dem Kabel Halle-Mainz sind die einzelnen Drähte einer Kupferlitze 0,63 mm und die Kabeladern 5,15 mm stark. Das Kabel über der Hanfumspinnung gemessen, hat 18 mm Durchmesser. Die eisernen Schutzdrähte — 16 Stück von 4 mm Durchmesser — bilden auf je 26 bis 29 cm der Kabellänge einen Umgang.

Das vieradrige Kabel Halle-Leipzig ist, über der Hanfumspinnung gemessen, 14 mm stark, die Schutzhülle besteht aus 14 verzinkten Eisendrähten von 4 mm Stärke, welche auf je 20 bis 23 cm Kabellänge einen Umgang bilden. Der Leitungswiderstand der Kupferlitze soll bei einer Temperatur von + 15° C. höchstens 9 *S. E.* pro Kilometer betragen.

raum zwischen ihr nnd der nun noch folgenden Schutzhülle vollständig damit ausgefüllt ist. Die Jute-Hanf-Ausfüllung wird theils durch Längsfäden, welche in die zwischen den Gutta-percha-Adern frei bleibenden Rinnen eingelegt sind, theils durch Umwickelung von Jute-Hanf-Fäden um die Kabelseele gebildet.

Die Schutzhülle, welche jetzt um die Jute-Hanf-Bekleidung gelegt wird, besteht entweder aus verzinkten Eisendrähten oder Kupferbändern.

Diese Schutzhülle hat für unterirdische Leitungen und Tiefseekabel hauptsächlich den Zweck, einer Zerstörung der Isolationsmasse auf chemischem Wege oder durch Nagethiere vorzubeugen. Man macht sie deshalb im Allgemeinen nicht stärker, als wie es dem eben erwähnten Zwecke entspricht. Wo aber Kabel noch durch Schiffsanker beschädigt oder in Folge starker Wellenschläge an Felsen gescheuert werden können, verstärkt man die Schutzhüllen. Mit Rücksicht hierauf erhalten Fluss- und Küstenkabel meistentheils noch eine zweite Armatur aus verzinktem Eisendraht, welche von der ersten durch eine Zwischenlage aus Jute-Hanf und einer Asphaltcomposition getrennt ist.

Beim Potsdam-Magdeburg-Cölner Kabel haben die Drähte der Kupferlitze eine Stärke von 0,66 mm, während die Abmessungen der Kabeladern die gleichen geblieben sind; ferner beträgt die Stärke des Kabels, über der Hanfumspinnung gemessen, 20 mm; die Schutzhülle besteht aus 18 verzinkten Eisendrähten von 3,75 mm Stärke, welche auf je 28 bis 31 cm der Kabellänge einen Umgang bilden. Der Widerstand der Kupferlitze soll bei + 15° C. höchstens 7,7 *S. E.* pro Kilometer betragen.

Die für die vorstehend erwähnten Linien verwendeten Kabel sind von der Firma Felten und Guilleaume geliefert worden.

In den Siemens'schen Kabeln (Frankfurt-Carlsruhe-Strassburg und Berlin-Hamburg-Kiel) sind die Drähte der Kupferlitzen je 0,67 mm, die isolirten Adern je 5,2 mm stark, die Zahl der Schutzdrähte von 2,6 mm Stärke beträgt 24 und dieselben bilden auf je 24 bis 32 cm der Kabellänge einen Umgang. Auf die Schutzhülle ist eine Asphaltcomposition heiss aufgetragen, darüber eine Bekleidung von Jute-Hanf hergestellt und diese wieder mit einer Asphaltcomposition bedeckt. Letztere ist nach dem Erkalten zur Verhütung des Zusammenklebens der einzelnen Ringe des Kabels mit Kalkmilch überstrichen.

Die Kupferlitze soll bei der Normal-Temperatur von 15° C. einen Widerstand von höchstens 8,3 *S. E.* pro Kilometer haben.

Vor mehreren Jahren wurde dem Engländer Duncan ein Kabel patentirt, bei welchem die Schutzhülle aus dem sogenannten Ratanrohre hergestellt ist.

Fortpflanzung der Elektricität in Kabeln. — Das Verhältniss ungleichnamig elektrischer Fluiden zu einander oder eines elektrischen Fluidums zu neutraler Elektricität, die elektrische Spannung, hat in vielen Beziehungen Aehnlichkeit mit der Verwandtschaft chemischer Körper. Wie auf Grund der letzteren ein chemischer Stoff im Entstehungszustande (status nascens) aus chemischen Verbindungen den ihm verwandten Stoff an sich reisst und so jene Verbindung trennt, so zerlegt ein eben erwecktes elektrisches Fluidum neutrale Elektricität ($\pm E$) in seiner Nähe in positive und negative Elektricität und zieht von diesen beiden Fluiden das ihm ungleichnamige an oder verbindet sich mit demselben wieder zu neutraler Elektricität, wenn hierzu ein Elektricitätsleiter die Möglichkeit bietet. Hieraus ergiebt sich zweierlei: Die Wirkung eines elektrischen Fluidums auf die neutrale Elektricität im Leiter erzeugt eine Aufeinanderfolge von Trennungen und Vereinigungen elektrischer Fluiden, den elektrischen Strom; das aus der elektrischen Zersetzung jedesmal frei werdende, abgestossene Fluidum wirkt aber ferner nicht nur auf die im Leiter befindliche oder diesem aus der Erde neu zugeführte, sondern durch die Isolationsschicht auch auf die den isolirten Leiter umgebende neutrale Elektricität vertheilend. Diese seitliche Wirkung (Influenz) eines elektrischen Theilchens verringert sein Vertheilungsvermögen im Leiter und verzögert so die gradlinige Fortpflanzung, erzeugt aber eine Verdichtung von Elektricität auf der Oberfläche des Leiters.

Ist also eine Telegraphenleitung mit dem positiven Pole einer galvanischen Batterie verbunden, deren anderer Pol an Erde liegt, so entsteht ein positiver Strom in der Drahtleitung; an der Oberfläche der letzteren wird aber auch positive Elektricität gebunden und verdichtet (s. S. 17).

Die Vertheilung erfolgt weder momentan, noch über die ganze Leitung gleichzeitig. Indem vielmehr die positive Elektricität in die Leitung tritt, übt sie zunächst die schon erwähnte Seitenwirkung aus und bindet aus ihrer Umgebung negative Elektricität, letztere aber bindet rückwirkend einen Theil der

vorwärtsströmenden Batterie-Elektricität. Die immer übrig bleibende freie Elektricität, durch zufliessende aus der Batterie verstärkt, vollendet erst nach und nach (gewissermassen Schritt für Schritt) die vollständige, statische Ladung des Leiters. Wenn letzterer in seiner ganzen Länge geladen ist, tritt am entfernten Ende volle Stromeswirkung ein.

Der Ladung folgt die Entladung, sobald die Verbindung der Batterie mit der Leitung aufgehoben und letztere einseitig oder mit beiden Enden an Erde gelegt wird. Handelt es sich hierbei um eine zur Correspondenz benutzte Telegraphenleitung, so dauert in Folge der Entladung die Stromeswirkung auf den empfangenden Apparat fort, auch wenn sich die das telegraphische Zeichen markirende Taste bereits wieder in Ruhe befindet. Gleichzeitig erfolgt aber auch eine Entladung nach dem gebenden Amte hin, wenn hier, wie dies ja bei der gewöhnlichen Schaltung der Fall ist, eine Erdverbindung hergestellt wird. Diese Entladung haben wir schon früher mit Rückstrom bezeichnet, letzteren aber damals nur als ein Zurückfliessen derjenigen Elektricität betrachtet, welche sich ohne Rücksicht auf eine seitliche Wirkung von der elektrischen Quelle aus über den Leiter verbreitet.

Nach dem Vorstehenden kann man jeden in seiner Länge isolirten Leiter mit einem Condensator vergleichen. Für eine oberirdische Telegraphenleitung ist die Luft der isolirende Zwischenkörper, während die eine Belegung der Draht, die andere die Erdoberfläche vertritt.

Die Menge der Elektricität, welche auf der Oberfläche eines Leiters verdichtet werden kann, hängt zunächst von dem specifischen Vertheilungsvermögen des isolirenden Zwischenkörpers, der sogenannten Trennschicht, ab. Die Grösse dieses Vertheilungsvermögens, der sogenannten inductiven Capacität ist im Jahre 1837 von Faraday im Vergleich zur bezüglichen Capacität der Luft für Glas mit 1,76, für Schellack mit 2, für Schwefel mit 2,26 festgestellt worden. Die Ergebnisse späterer Untersuchungen zeigen hiervon, theilweise aber auch unter sich — nicht unerhebliche Abweichungen. — Nach den Untersuchungen von Wüllner* ergiebt sich

* Wüllner, Bd. IV., S. 311 (1886).

für Glas ein Vertheilungsvermögen = 6,10,
„ Schwefel „ „ = 3,04,
„ Schellack „ „ = 2,95—3,73.

Für Guttapercha ist das Vertheilungsvermögen (nach Gordon) = 2,46.

Die Elektricitätsmenge, mit welcher ein Leiter durch eine Batterie geladen wird, deren elektromotorische Kraft mit irgend einem Normalmaasse gemessen, gleich Eins ist, nennt man seine elektrische Capacität. Dieselbe ist, wenn man das specifische Vertheilungsvermögen der Isolirschicht mit k und den Durchmesser der letzteren mit d bezeichnet:

1. Für einen Condensator von der Oberfläche F:

$$C_1 = \frac{kF}{4\pi d}$$

2. Für ein Kabel von der Länge l:

$$C_2 = \frac{kl}{2 \log \frac{R}{r}}$$

(wenn R den Halbmesser des mit dem Isolationsmateriale umpressten Drahtes und r den Halbmesser des metallischen Kernes [Leitungsdrahtes] bedeutet).

3. Für eine Luftleitung vom Drahthalbmesser r, wenn dieselbe im Abstande h von der Erde entfernt ist:

$$C_3 = \frac{kl}{2 \log \frac{4h}{r}}$$

Aus der Vergleichung von C_2 und C_3 erhellt sogleich, dass die auf statische Ladung zurückzuführenden elektrischen Wirkungen und Erscheinungen in oberirdischen Leitungen denen in Kabeln bei Weitem an Bedeutung nicht gleichkommen, obgleich wir auch die ersteren selbst in der Praxis (vgl. Gegensprechen S. 282) nicht vernachlässigen dürfen.

Bei den in die Erde oder in Wasser versenkten Kabeln, deren Isolationsmasse schon an und für sich ein grösseres Vertheilungsvermögen besitzt, als Luft, während anderseits noch die grössere Nähe der leitenden Belegungen, bezw. die geringere Dicke der Trennschicht zur Erhöhung der Influenzwirkung beiträgt, machen die elektrischen Ladungserscheinungen die Möglichkeit des Telegraphirens zum Theil von neuen Bedingungen abhängig. Um dieselben zu verstehen, müssen wir

zunächst die Gesetze, nach welchen sich die Elektricität in Kabeln fortpflanzt, oder mit anderen Worten die Faktoren kennen lernen, welche auf den elektrischen Zustand in den sogenannten Flaschendrähten von Einfluss sind. Alle hier in Betracht kommenden Beziehungen ergeben sich aus der Gleichung:

$$Q = akE \frac{2\pi l}{log \frac{R}{r}}$$

in welcher:

Q die Ladung des am fernen Ende isolirten Kabels,
a einen von der Maasseinheit abhängigen constanten Factor,
k das specifische Ladungsvermögen der Kabelhülle,
E die elektromotorische Kraft der ladenden Batterie,
l die Länge des Kabels,
R den Halbmesser des umpressten Leiters,
r denjenigen des Leiters (Kupferdrahtes) allein

bedeutet.

Die Ladung des Kabels ist hiernach direct der elektromotorischen Kraft der Batterie, dem specifischen Vertheilungsvermögen des isolirenden Materials und der Länge des Kabels und indirect dem Logarithmus des Quotienten aus dem äusseren und inneren Halbmesser proportional.

Will man sich die Grösse der Ladung eines Kabels veranschaulichen, so denke man sich am Anfange und Ende desselben Senkrechte, welche den daselbst vorhandenen elektrischen Spannungen entsprechen, errichtet und dann die freien Endpunkte dieser Senkrechten durch eine gerade Linie verbunden. Bei dem am fernen Ende isolirten Kabel ist die elektrische Spannung an allen Stellen dieselbe. Die Grösse der Ladung entspricht daher, wenn in Fig. 183 die Senkrechten *ac* und *bd* die elektrischen Spannungen an den beiden Kabelenden bedeuten, dem Inhalte des Rechteckes *abcd*.

Denkt man sich das ferne Ende durch Stöpselung mit Erde verbunden, so ist an diesem die elektrische Spannung gleich Null, während sie am Batterieende unverändert bleibt und von hier aus bis zur Erdverbindung gleichmässig abnimmt.

Die Grösse der Ladung stellt sich jetzt durch den Inhalt des punktirten Dreieckes *abc* dar.

Hieraus folgt, dass die Ladung einer am fernen Ende zur Erde geführten Kabelleitung nur die Hälfte derjenigen Ladung ist, welche das vollständig isolirte Kabel annimmt.

Die Entladungen von Kabeln (oder Condensatoren) wirken momentan, etwa wie Stösse auf ein Pendel. Wenn man also behufs vergleichender Bestimmung der Ladungen zweier Condensatoren von verschiedener Capacität dieselben durch ein

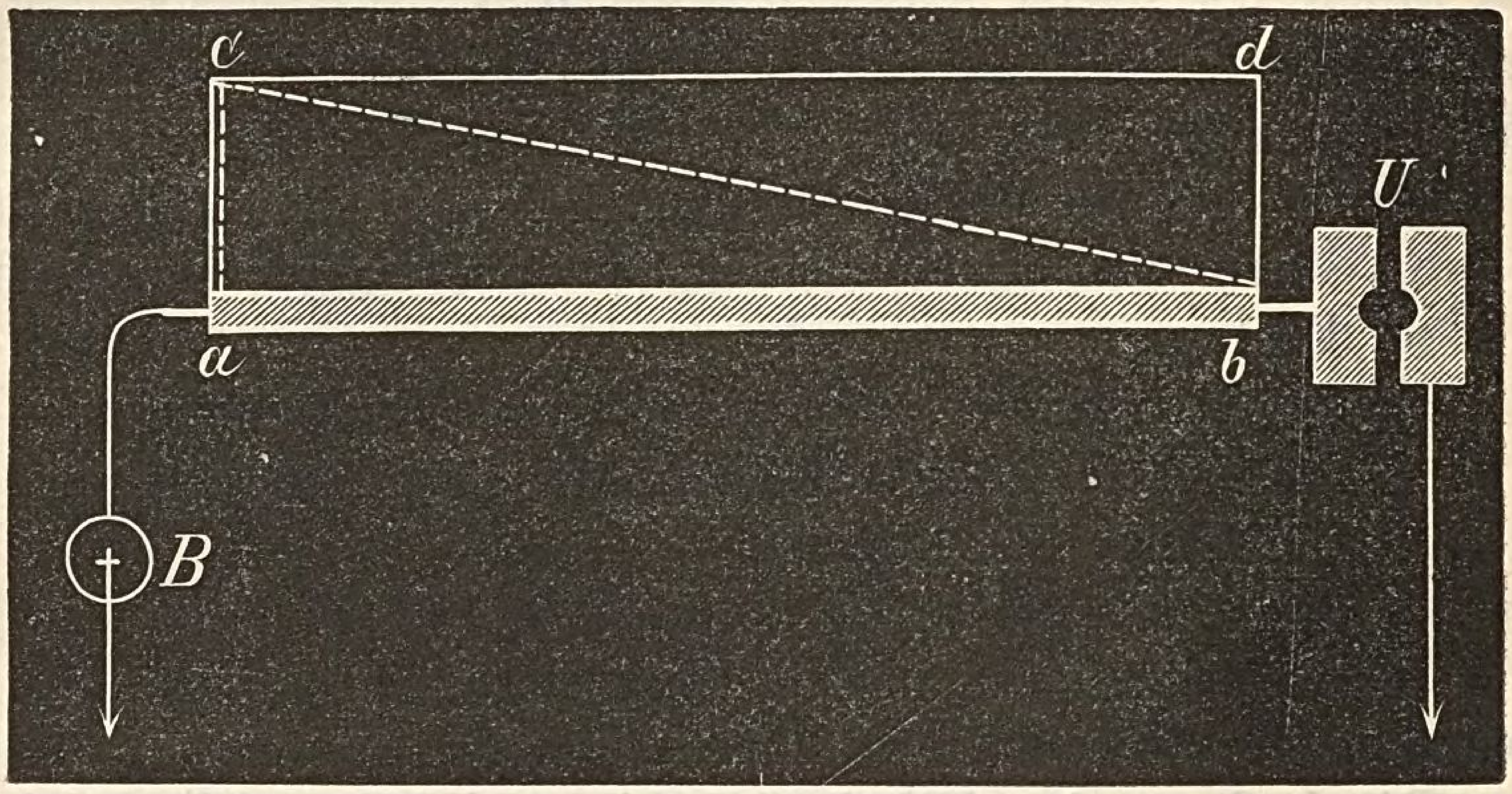


Fig. 183.

Galvanometer entladet, so gilt für die abströmenden Elektricitätsmengen dasselbe Gesetz, welches sonst für die erwähnte Pendelbewegung Anwendung findet:

$$A : A_1 = \sin\frac{a}{2} : \sin\frac{a_1}{2}.$$

In Bezug auf die Ladungszeiten hat Werner Siemens folgende Gesetze aufgestellt:*

1. Die Ladungszeiten sind unabhängig von den Batterieen; denn wenn sich auch bei Anwendung stärkerer Batterieen die Ladung schneller vollzieht, als bei Benutzung schwächerer Stromquellen, so wird auch anderseits die Ladung im ersteren Falle grösser, und braucht zu ihrer Vollendung mehr Zeit als im letzteren Falle.
2. Ist das Verhältniss der Durchmesser der Guttapercha zum Kupferdrahte dasselbe, so sind die Ladungszeiten nur von der Länge der Leitung und der Dicke des

* Zeitschrift des deutsch-österreichischen Telegraphen-Vereins, Jahrg. VI.

Kupferdrahtes abhängig und zwar verhalten sie sich wie die Quadrate der Quotienten aus Länge der Leitung durch den Halbmesser des Kupferdrahtes.

3. Ist das Verhältniss der Durchmesser der Guttapercha zum Kupferdrahte in beiden Kabeln dasselbe und sind auch die Längen gleich, so verhalten sich die Ladungszeiten umgekehrt wie die Quadrate der Halbmesser der benutzten Kupferdrähte.
4. Ist das Verhältniss der Durchmesser der Guttapercha zum Kupferdrahte in beiden Kabeln dasselbe und sind auch die Kupferdrähte in beiden Kabeln gleich stark, so verhalten sich die Ladungszeiten gerade wie die Quadrate der Kabellängen.

Die Dauer der Entladung im Vergleich zur Ladungszeit hängt davon ab, ob jene an beiden Enden des Kabels oder nur an dem fernen Ende (durch den Empfangsapparat) stattfindet.

Erfolgt die Entladung an beiden Enden, so ist ihre Dauer gleich der Ladungszeit, wird dagegen für dieselbe nur an einem Ende eine Erdverbindung hergestellt, so dauert die Entladung viermal so lange als die Ladung (vgl. Schellen 1870, S. 287—300).

Der telegraphische Betrieb in Kabelleitungen. — Wie schon erwähnt, nimmt die Entladung des Kabels eine der Dauer seiner Ladung entsprechende Zeit in Anspruch; die Stromeswirkung auf den empfangenden Apparat dauert fort, wenn auch die Batterie des gebenden Amtes mit dem Kabel nicht mehr in Verbindung steht, während anderseits die Entladung nach letzterem hin dem nächsten Telegraphirstrome Widerstand entgegensetzt. Ehe also das Kabel nicht — wenigstens theilweise — entladen ist, kann mit Erfolg ein weiteres telegraphisches Zeichen nicht gegeben werden. Um das Telegraphiren zu beschleunigen, wird man daher auf Abkürzung der Entladungszeit bedacht sein müssen.

Ein Mittel hierfür haben wir in dem von Matzenauer zur Ableitung der Rückströme in oberirdischen Telegraphenleitungen vorgeschlagenen Tasten- und Relaiscontacte bereits kennen gelernt. Dieselbe Einrichtung findet auch zur schnelleren Entladung von Kabelleitungen bei verschiedenen Telegraphen-Verwaltungen mit Erfolg Anwendung.

Gleichem Zwecke dient der Switch (von Varley).

Dieser Apparat, ein polarisirtes Relais (ähnlich dem Siemens'schen Relais) mit grossem Rollenwiderstande, hat die Aufgabe, nach Beendigung jeder Stromsendung, d. h. wenn die Taste in die Ruhelage zurückgekehrt ist, durch Entsendung eines dem Hauptstrome ungleichnamigen Stromes die Entladung des Kabels zu beschleunigen. Seine Einschaltung ist aus Fig. 184 ersichtlich.

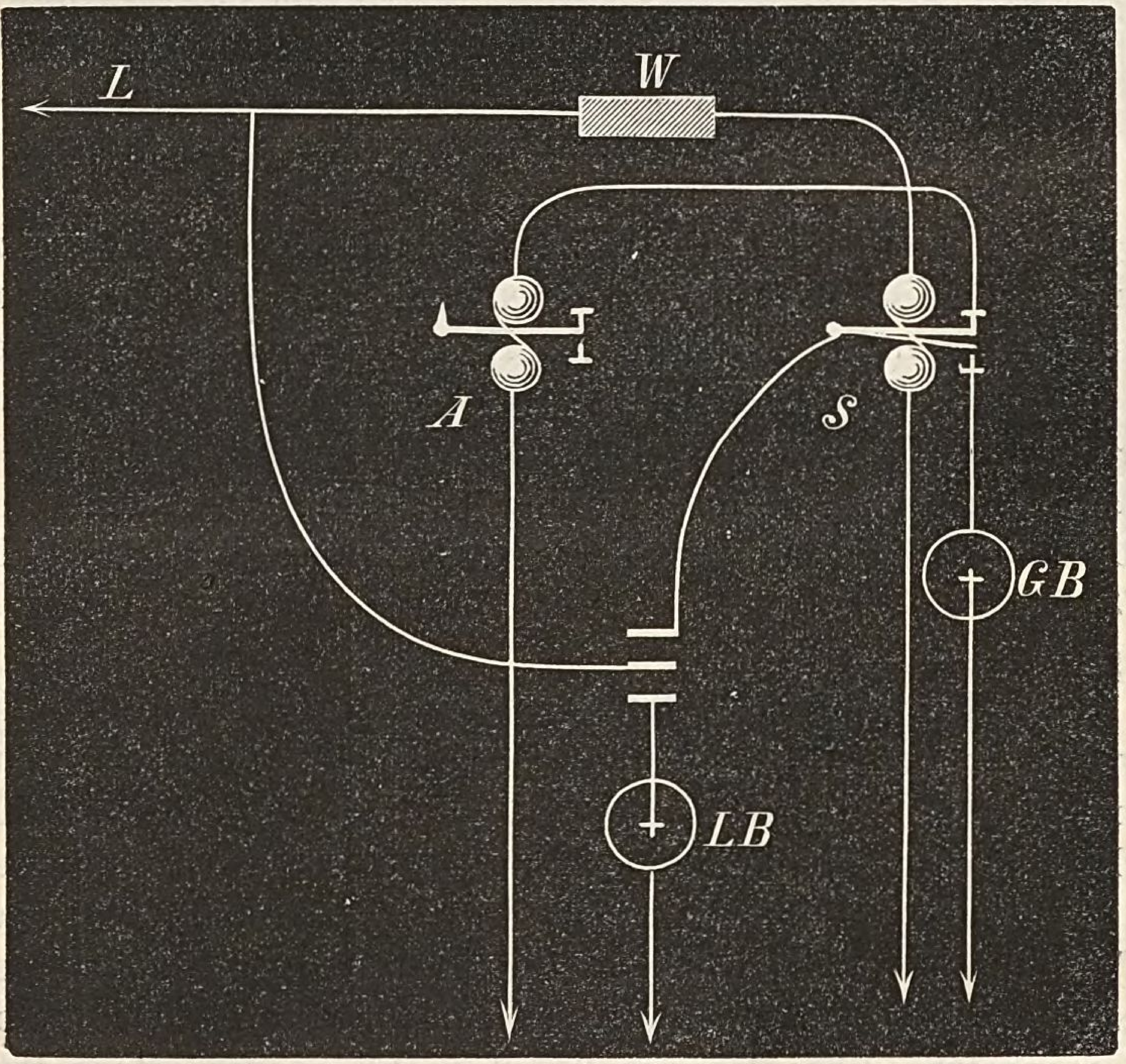


Fig. 184.

Die Contactschrauben des mit *S* bezeichneten Switch sind so zu reguliren, dass der Hebel an jeder derselben, gegen welche er anschlägt, liegen bleibt, auch wenn der Strom, welcher die betreffende Ankerbewegung veranlasst hat, schon wieder verschwunden ist. Zur Zurückführung des Hebels oder der Zunge bedarf es eines anderen, umgekehrten Stromes.

Wird Taste gedrückt, so verzweigt sich der Strom der Linienbatterie *LB* in die Leitung und in den künstlichen Widerstand ($W = L$), von welchem aus der bezügliche Strom-

zweig durch die Elektromagnet-Umwindungen des Switch zur Erde gelangt. Unter der Einwirkung dieses Stromes bewegt sich die Zunge des Switch von dem Ruhe- zum Batteriecontacte und bleibt in dieser Stellung auch dann noch, wenn die Taste sich wieder in Ruhe befindet. Jetzt aber sendet die Gegen- oder Entladungsbatterie *GB* einen dem Linienstrome ungleichnamigen Strom in die Leitung und gleichzeitig in den durch den künstlichen Widerstand und die Umwindungen des Switch gebildeten Leiter. Ersterer Zweigstrom der Entladungsbatterie soll den Rückstrom neutralisiren und so die Dauer der Entladung abkürzen. Der durch die Umwindungen des Switch zur Erde abfliessende Stromtheil wirkt auf die Magnetkerne im entgegengesetzten Sinne des Linienstromes und veranlasst so die Zurückführung der Zunge zum Ruhecontacte.

Um die Berührung mit dem Batteriecontacte und hiermit die Wirkung der Entladungsbatterie zu verlängern, hat man die betreffende Contactfläche des Switchhebels mit einer leichten Stahlfeder versehen, welche den Batteriecontact erst vollständig verlässt, wenn der zum Ruhecontacte zurückkehrende Hebel etwas über die Hälfte seines Weges zurückgelegt hat.

Der ankommende Strom fliesst über die Taste, den Switchhebel und durch die Elektromagnet-Umwindungen des Schreibapparates *A* zur Erde. Der durch die Drahtrollen des Switch zur Erde abfliessende Theil des ankommenden Stromes ist wegen des grossen Widerstandes in dem bezüglichen Leitungszweige zu schwach, um als Stromverlust die Wirkung auf den Empfangsapparat wesentlich beeinträchtigen zu können.

Bei der in Fig. 185 skizzirten Nebenschlussschaltung von F. Godfroy* wird das Kabel durch Inductionsströme an beiden Enden gleichzeitig entladen. Die bei *A* und *B* in die Nebenschliessungen geschalteten Widerstände W und W_1 müssen grosse Selbstinduction besitzen; man stellt sie zweckmässig aus Drahtrollen mit eingeschobenen Eisenkernen her.

Wird in *A* Taste gedrückt, so erfolgt zunächst theilweise Ladung des Kabels und dann sowohl beim gebenden, als beim empfangenden Amte eine Theilung des Stromes. Die in die Nebenschliessungen abfliessenden Stromtheile erregen in den

* Der Telegraphenbetrieb in Kabelleitungen von E. Müller.

Widerständen W und W_1 Inductionsströme, welche als Schliessungsströme dem Hauptstrome entgegengerichtet sind und deshalb im Augenblicke ihres Auftretens ein zu starkes Abströmen von Elektricität in die Nebenschliessungen nicht zulassen. Nach Loslassen der Taste in A, welche mit dem positiven Pole der Batterie verbunden sein soll, entladet sich aus dem Kabel nach

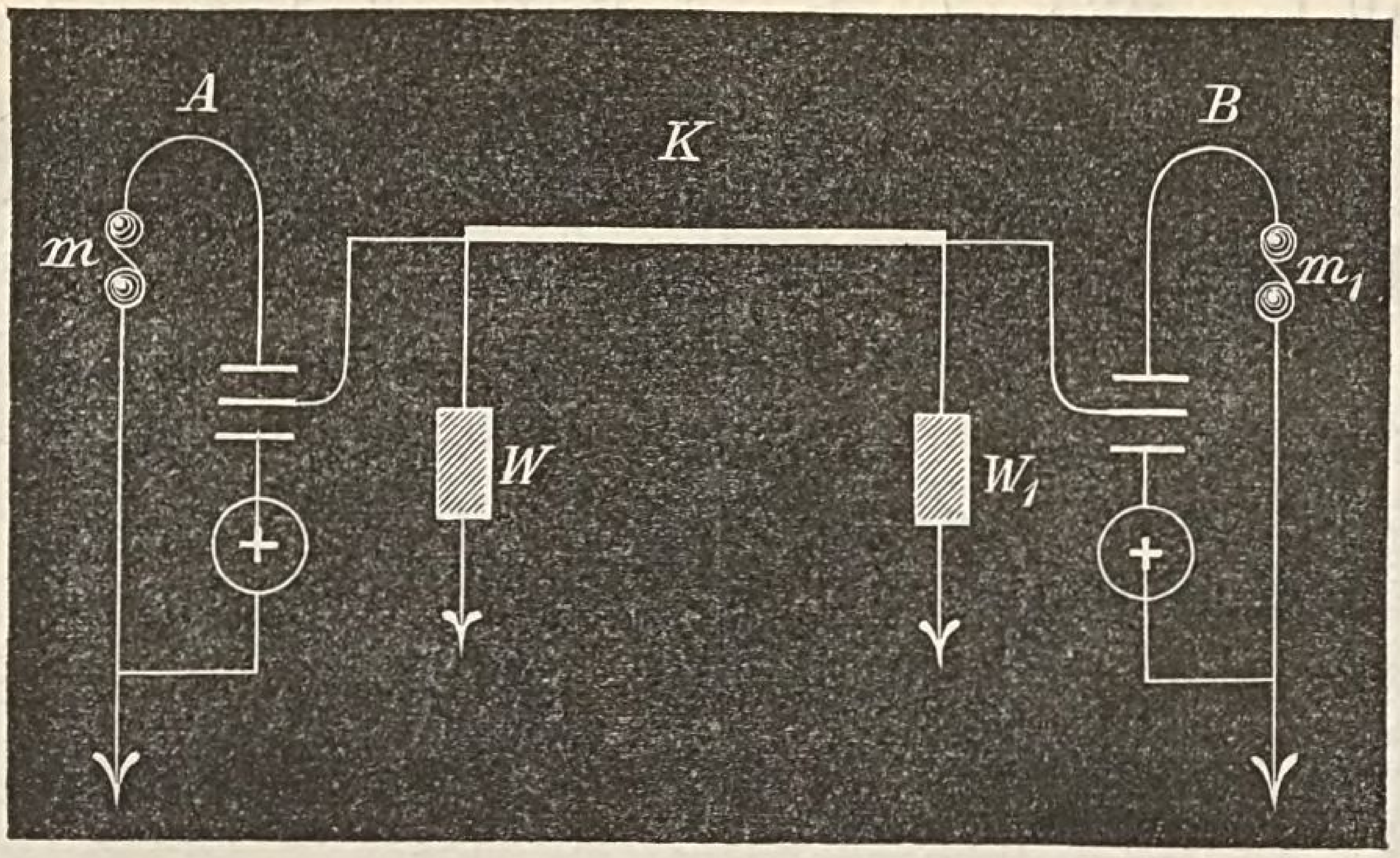


Fig. 185.

beiden Richtungen $+E$, während der Oeffnungs-Inductionsstrom in den Widerständen nach der Erde hin ebenfalls $+E$, nach dem Kabel zu aber $-E$ schickt und hierdurch die Entladung des Kabels erheblich beschleunigt.

Bei unterirdischen Kabeln bis zu etwa 400 km Länge bedarf man weder für den Morse- noch für den Hughesbetrieb derartiger Vorkehrungen. Es ist aber auf gute Erdleitungen und auf Verwendung constanter Batterien mit möglichst geringem Widerstande besonderer Werth zu legen. Im Uebrigen empfiehlt es sich, statt des Morseapparates in das Kabel unmittelbar ein polarisirtes Relais* zu schalten und durch dasselbe eine Ortsbatterie für den Betrieb des Morseapparates öffnen und schliessen zu lassen.

Längere Land-Kabellinien theilt man, wenn besondere Entladungsvorrichtungen vermieden werden sollen, durch Ueber-

* In der Deutschen Reichs-Telegraphen-Verwaltung dienen für diesen Zweck deutsche polarisirte Relais kleinerer Form, während für Uebertragungssysteme dieselben Relais grösserer Form mit nebeneinander geschalteten Elektromagnet-Umwindungen Verwendung finden.

tragungen mit polarisirten Relais in entsprechend kurze Theilstrecken.

Für den Betrieb nicht zu langer unterseeischer Kabel finden als Empfangsapparate polarisirte Farbschreiber oder gewöhnliche Morseapparate mit vorgeschalteten polarisirten Relais Anwendung. Zum Stromsenden dienen meistentheils Wechselstrom-Tasten. Eine solche ist u. A. die von Siemens und Halske construirte und in Figur 186 schematisch dargestellte Submarin-Taste.

Die Kabelleitung *L* liegt an einem Kurbelumschalter *l* und kann durch Drehung der Kurbel nach rechts oder links, entweder durch die Feder s_2 mit dem Stromsender *T* oder durch die Feder s_1 mit dem Empfangs-Apparate *M* in Verbindung gebracht werden.

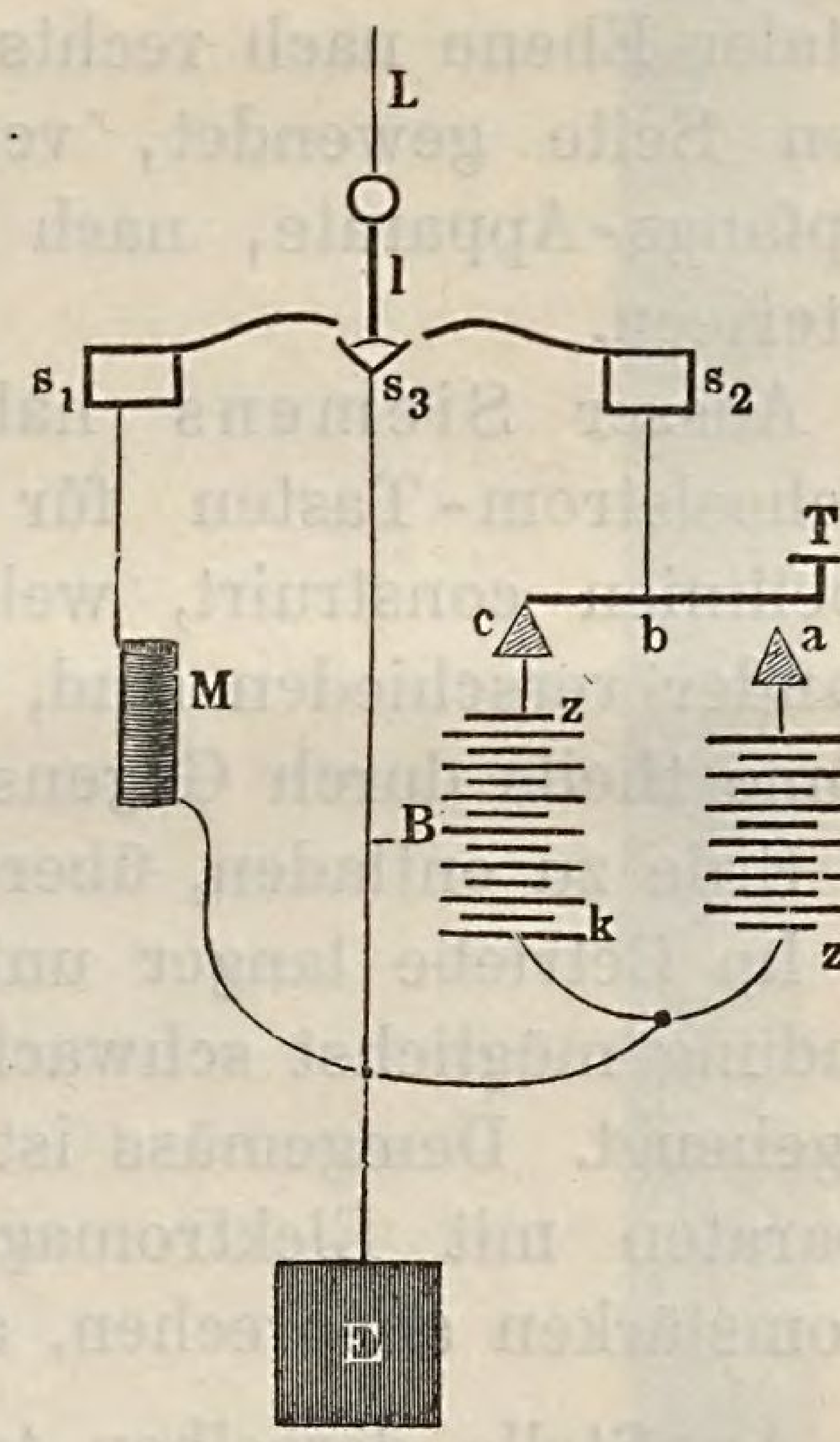


Fig. 186.

Der vordere Contact *a* der Taste ist mit dem positiven Pole der einen, und der hintere Contact *c* mit dem negativen Pole einer zweiten Batterie verbunden.

Soll das System zum Abtelegraphiren geschaltet werden, so legt man die Kurbel gegen die Feder s_2. Der Empfangs-Apparat ist ausgeschaltet und so der Einwirkung des sich nach dem gebenden Amte entladenden Theiles der Elektricität entzogen. Drückt man die Taste nieder, so strömt positive Elektricität in das Kabel und gelangt nach vollbrachter Ladung desselben auf dem Endamte zur Wirkung. Wird jetzt die Taste losgelassen und dadurch die Leitung mit der andern, der sogenannten Gegenbatterie, verbunden, so gleicht sich die negative Elektricität derselben zunächst mit der sich entladenden positiven Elektricität des Kabels aus, um dann aber im entgegengesetzten Sinne des ersten Stromes auf den Empfangsapparat zu wirken bezw. bei polarisirten Relais das Zurückgehen der Zunge zum Ruhecontacte herbeizuführen (vgl. S. 191).

Legt man die Kurbel l von rechts nach links, so muss dieselbe, ehe sie die Feder s_1 berührt, vorübergehend den mit Erde verbundenen Contact s_3 schleifen, so dass die letzte Entladung nicht auf den Empfangsapparat M wirken, sondern vorher nach der Erde abfliessen kann.

Anstatt eine gewöhnliche Taste mit dem Kurbelumschalter zu verbinden, combinirte Siemens beide Apparate zu einem Versendungsapparate, dessen Hebel gleichzeitig die Kurbel vertritt, indem demselben in seinem Axlager nicht nur eine Bewegung auf- und abwärts, sondern auch eine Drehung in horizontaler Ebene nach rechts und links gestattet ist. Nach der einen Seite gewendet, verbindet er die Leitung mit dem Empfangs-Apparate, nach der andern abwechselnd mit den Batterieen.

Ausser Siemens haben Varley und später Fahie* Wechselstrom-Tasten für unterirdische und unterseeische Kabellinien construirt, welche zwar in der Einrichtung von einander verschieden sind, in dem Principe jedoch, die Rückströme theils durch Gegenströme zu neutralisiren, theils nach der Erde zu entladen, übereinstimmen.

Im Betriebe langer unterseeischer Kabel wird durch Anwendung möglichst schwacher Batterieen zu starken Ladungen vorgebeugt. Demgemäss ist hier die Benutzung von Empfangsapparaten mit Elektromagneten, welche nur auf bestimmte Stromstärken ansprechen, ausgeschlossen.

An Stelle derselben treten Spiegelgalvanoskope und Heberschreiber.

In Fig. 187 ist die erste Verbindung zwischen Valentia und Newfoundland skizzirt: Die auf beiden Stationen gleich eingerichtete Taste T unterscheidet sich von der früher im Principe beschriebenen Submarintaste dadurch, dass mit Benutzung derselben die entgegengesetzten Ströme nicht alternirend, sondern in beliebiger Reihenfolge, indem man entweder den Hebelarm a oder b niederdrückt, in das Kabel geschickt werden. Die vordere, unter den Hebelarmen liegende Tastenschiene ist mit dem positiven, die hintere Tastenschiene, gegen welche beide Hebelarme im Zustande der Ruhe anliegen, mit

* Journal of the Society of Telegraph-Engineers, 1874, Nr. VII. S. 80.

dem negativen Pole der Batterie verbunden. Wird der Hebelarm *a* niedergedrückt, so verbindet derselbe den positiven Pol der Batterie mit der Leitung, während der negative Pol durch den Hebelarm *b* mit Erde verbunden bleibt. Drückt man dagegen den Hebel *b* nieder, so geht ein negativer Strom über den gegen die *Z*-Schiene anliegenden Hebelarm *a* in die Leitung, während die positive Elektricität über *b* zur Erde abfliesst.

Die Verbindung der Leitung entweder mit dem Stromentsender oder dem Empfangs-Apparate (hier ein Reflex-Galvanometer von Thomson), findet durch den Kurbelumschalter *ter* statt. Wird die Kurbel *e* mit dem Contacte *t* verbunden, so sind die Apparate zum Abtelegraphiren geschaltet.

Zwischen den Apparaten der Station Valentia und dem

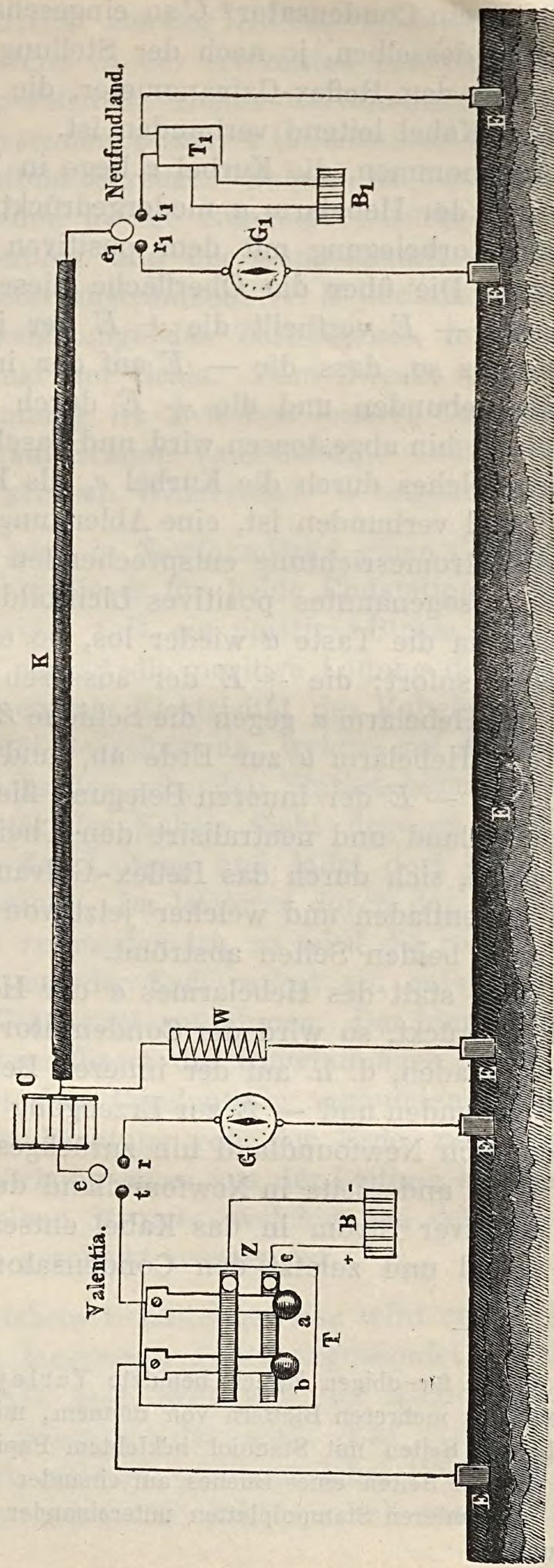


Fig. 187.

Kabel ist ein Condensator* C so eingeschaltet, dass die äussere Belegung desselben, je nach der Stellung der Kurbel, mit der Taste oder dem Reflex-Galvanometer, die innere Belegung aber mit dem Kabel leitend verbunden ist.

Angenommen, die Kurbel e liege in Valentia gegen t, und es werde der Hebelarm a niedergedrückt, so tritt die äussere Condensatorbelegung mit dem positiven Batteriepole in Verbindung. Die über die Oberfläche dieser Belegung sich verbreitende $+ E$ vertheilt die $\pm E$ der inneren Belegung und des Kabels so, dass die $- E$ auf der inneren Belegung vollständig gebunden und die $+ E$ durch das Kabel nach Newfoundland hin abgestossen wird und daselbst am Reflexgalvanometer, welches durch die Kurbel e_1 als Empfangs-Apparat mit dem Kabel verbunden ist, eine Ablenkung des Lichtbildes nach der der Stromesrichtung entsprechenden Seite, in diesem Falle also ein sogenanntes positives Lichtbild erzeugt. Lässt man in Valentia die Taste a wieder los, so entladet sich der Condensator sofort: die $+ E$ der äusseren Belegung fliesst, da jetzt der Hebelarm a gegen die Schiene Z anliegt, über letztere und den Hebelarm b zur Erde ab, und die gleichzeitig freiwerdende $- E$ der inneren Belegung fliesst in das Kabel nach Newfoundland und neutralisirt den Theil $+ E$, welcher nicht Zeit hatte, sich durch das Reflex-Galvanometer in Newfoundland zu entladen und welcher jetzt von der Mitte des Kabels aus nach beiden Seiten abströmt.

Wird statt des Hebelarmes a der Hebelarm b in Valentia niedergedrückt, so wird der Condensator im entgegengesetzten Sinne geladen, d. h. auf der inneren Belegung desselben wird $+ E$ gebunden und $- E$ zur Erzeugung eines negativen Lichtbildes nach Newfoundland hin zurückgestossen.

Wird anderseits in Newfoundland durch Tastendruck z. B. ein positiver Strom in das Kabel entsendet, so ladet dieser das Kabel und zuletzt den Condensator in Valentia; hierbei

* Der für obigen Zweck benutzte Varley'sche Blätter-Condensator besteht aus mehreren Blättern von dünnem, mit Paraffin getränktem und auf beiden Seiten mit Stanniol beklebtem Papier. Die einzelnen Blätter sind wie die Seiten eines Buches auf einander gelegt und alle oberen wie auch alle unteren Stanniolplatten untereinander zu je einer Platte leitend verbunden.

strömt negative Elektricität aus der Erde zur äusseren Belegung des Condensators, welche in der erwähnten Richtung auf das zum Empfangen eingeschaltete Reflex-Galvanometer wie ein nach der Erde abfliessender, positiver Linienstrom wirkt, d. h. ein positives Lichtbild erzeugt. Sobald in Newfoundland der Tastenhebel wieder in die Ruhelage zurückgekehrt ist, entladet sich die Leitung und der Condensator. Die durch das Reflex-Galvanometer abströmende — *E* der äusseren Condensatorbelegung beschleunigt das Zurückgehen des Spiegelbildes auf den 0 Punkt der Scala. Zum Zwecke einer möglichst schnellen Entladung ist zwischen innerer Condensatorbelegung und Kabel auf Station Valentia eine Erdleitung mit dem eingeschalteten grossen Widerstande *W* angebracht.

Später hat man auch in Newfoundland einen Condensator eingeschaltet. Geht bei dieser für beide Endstationen gleichmässigen Schaltungsweise z. B. ein positiver Strom von einem Leitungsende aus, so zerlegt die positive Ladung des Condensators daselbst die neutrale Elektricität des Kabels und zieht die negative Elektricität desselben an, welche auf der zweiten Platte des Condensators der gebenden Station gebunden wird; die positive Elektricität des Kabels flieht dagegen zum entgegengesetzten Ende der Leitung und ladet dort eine Platte des zweiten Condensators. Da letzterer durch das Empfangs-Instrument mit Erde verbunden ist, so wird die zweite Platte dieses Condensators aus der Erde sofort ein entsprechendes Quantum negativer Elektricität aufnehmen. Der hierdurch hervorgerufene Strom durchfliesst die Umwindungen des in der Empfangsstellung mit dem Condensator verbundenen Spiegel-Galvanometers in der Richtung von der Erde zum Condensator, hat also die Wirkung eines aus der Leitung kommenden positiven, d. h. desselben Stromes, welcher von der gebenden Station in das Kabel geschickt worden ist.

Die eben beschriebene Schaltungsweise wird zum Betriebe der drei in Valentia landenden Kabel angewendet, welche in den Jahren 1866, 1873 und 1874 von der Anglo-American Telegraph-Company gelegt worden sind. Ein viertes Kabel derselben Gesellschaft, welches schon im Jahre 1865 in Betrieb genommen wurde, ist schon seit längerer Zeit ausser Thätigkeit gesetzt.

Etwas südlich von Valentia, in Ballinskelligsbay, landet das fünfte von Irland nach Amerika führende Kabel. Dasselbe gehört der Direct United States Cable Company und befindet sich seit 1874 im Betriebe. Die Schaltungsweise der Apparate auf den Endstationen dieses Kabels ist derart, dass beim jedesmaligen Arbeiten nur ein Condensator an einem Ende des Kabels eingeschaltet ist, und zwar liegt derselbe hinter dem Spiegel-Galvanometer der empfangenden Station. Die Kabelleitung führt also von der Taste der gebenden Station zum anderen Erdtheile und hier durch das Spiegel-Galvanometer zur Collectorplatte, während die Condensatorplatte mit Erde verbunden ist. Zum Telegraphiren werden ebenfalls nur kurze Ströme von gleicher Dauer verwendet, und zwar ein positiver Strom für einen Punkt und ein negativer Strom für einen Strich des gewöhnlichen Morse-Alphabetes. Der Vorgang beim Telegraphiren ist der, dass ein in das Kabel gesandter Strom den am jenseitigen Ende befindlichen Condensator zu einem Theile ladet und gleichzeitig das Spiegel-Galvanometer ablenkt. Sobald die gebende Taste den Batteriecontact verlässt, ist das Kabel mit der Erde in Verbindung und der Condensator entladet sich durch dasselbe wieder. Diese Entladung wirkt auf die Galvanometernadel im entgegengesetzten Sinne des Hauptstromes und beschleunigt daher ihr Zurückgehen in die Ruhelage.

Durch die eben beschriebene Schaltung, in Verbindung mit den sonstigen guten Eigenschaften des Direct-Kabels soll man auf demselben trotz seiner gewaltigen Länge eine Maximalgeschwindigkeit bis zu 27 Worten in der Minute erreicht haben, während die Durchschnittsleistung ungefähr 11 bis 13 Worte in der Minute beträgt.

Die Schaltungsweise der in Valentia landenden Kabel, bei welchen in jedem Correspondenzstadium zwei Condensatoren eingeschaltet sind, hat vor der eben beschriebenen den Vortheil, dass das Kabel stets an beiden Enden isolirt, also allen schädlichen Einflüssen von Erd- und Batterieströmen entzogen ist. Dieser Vortheil wird aber nur auf Kosten der Schnelligkeit des Arbeitens erreicht, da die beiden eingeschalteten Condensatoren den elektrischen Vorgang etwas verlangsamen. In Folge dessen ist die höchste in Valentia erreichte Arbeits-

geschwindigkeit auch geringer, als die für Ballingskelligs angegebene.*

Die Spiegel-Galvanoskope haben den Nachtheil, dass sie keine bleibenden Zeichen hinterlassen. Das Aufnehmen von Telegrammen mit denselben erfordert daher besondere Aufmerksamkeit und wirkt anstrengend und ermüdend. Im Heberschreiber ist schliesslich ein Apparat erfunden worden, welcher bleibende Schrift liefert und dabei annähernd die Empfindlichkeit des Spiegel-Galvanoskops besitzt. Der erste von Thomson construirte Heberschreiber (Syphon-Recorder) besteht aus einem kräftigen Hufeisenmagnet, zwischen dessen Polen ein Drahtröllchen in bifilarer Aufhängung leicht beweglich ist. Dasselbe steht mit einem capillaren Glasheber, dessen kurzer Hebel in einen Dintenbehälter taucht und dessen längerer Hebel mit offener Spitze gegen einen sich gleichmässig fortbewegenden Papierstreifen gedrückt wird und auf demselben im Zustande der Ruhe eine schwarze Linie erzeugt, in mechanischer Verbindung. Tritt aus dem Kabel Strom in die Drahtrolle, so wird dieselbe nach rechts oder links bewegt und statt der geraden Linie erscheint eine wellenförmige Linie, deren nach oben gehende Abweichungen von der geraden Linie Punkte und deren Abweichungen nach unten Striche des Morse-Alphabets bedeuten.

Zum Stromsenden dient eine ähnliche Doppeltaste, wie beim Arbeiten mit dem Reflex-Galvanometer.

Die Heberschreiber haben in ihrer Einrichtung die verschiedenartigsten Abänderungen erfahren, bezüglich derer ich auf die Beschreibungen in Specialwerken über Kabeltelegraphie verweisen darf.

Messungen von Kabelleitungen.

1. Messung des Kupferwiderstandes. — Sämmtliche Adern des zu messenden Kabels werden auf dem fernen Amte

* Die Beschreibung der Kabelschaltungen in Valentia und Ballinskelligs habe ich einem Aufsatze des verstorbenen Telegraphen-Secretair Bröcker „Ein Besuch auf den irischen Küstenstationen der atlantischen Kabel“ (Archiv für Post und Telegraphie Nr. 13 und Nr. 24, 1874) entnommen.

von den Apparaten bezw. von Erde getrennt und unter sich verbunden. Auf dem messenden Amte werden — wenn das betreffende Kabel 7 Adern hat — nach einander die Enden der Schleifen 1 + 7, 2 + 7 bis 6 + 7, dann 1 + 4, 2 + 5 und 3 + 6 an die Wheatstone'sche Brücke* gelegt. Selbstverständlich müssen hierbei die Enden der eben nicht zu messenden Schleifen isolirt bleiben.

Die Stärke der bei dieser Messung zu verwendenden Batterie ist ohne wesentliche Bedeutung; gewöhnlich reichen 10 Elemente aus, wenn das Beobachtungs-Instrument ein Spiegel-Galvanometer ohne Zweigwiderstand ist.

Bezeichnen wir die Ergebnisse der nach Vorstehendem auszuführenden 9 Messungen mit p_1, p_2 p_9 und die Widerstände der einzelnen Adern mit K_1, K_2 K_7, so ist:

I.

$$K_1 + K_7 = p_1 \text{ (erste Messung)}$$
$$K_4 + K_7 = p_4 \text{ (vierte Messung)}$$
$$K_1 + K_4 + 2K_7 = p_1 + p_4$$
$$K_1 + K_4 = p_7 \text{ (siebente Messung)}$$
$$2K_7 = p_1 + p_4 - p_7$$
$$K_7 = \frac{p_1 + p_4 - p_7}{2}$$

II.

$$K_2 + K_7 = p_2 \text{ (zweite Messung)}$$
$$K_5 + K_7 = p_5 \text{ (fünfte Messung)}$$
$$K_2 + K_5 + 2K_7 = p_2 + p_5$$
$$K_2 + K_5 = p_8 \text{ (achte Messung)}$$
$$2K_7 = p_2 + p_5 - p_8$$
$$K_7 = \frac{p_2 + p_5 - p_8}{2}$$

* Für die in Rede stehenden Messungen ist das zweckmässigste Verhältniss der Widerstände in den Brückenzweigen: 1000 *S. E.* zu 1000 *S. E.*

III.

$$K_3 + K_7 = p_3 \text{ (dritte Messung)}$$
$$K_6 + K_7 = p_6 \text{ (sechste Messung)}$$
$$K_3 + K_6 + 2K_7 = p_3 + p_6$$
$$K_3 + K_6 = p_9 \text{ (neunte Messung)}$$
$$2K_7 = p_3 + p_6 - p_9$$
$$K_7 = \frac{p_3 + p_6 - p_9}{2}$$

Das Mittel aus diesen für K_7 erhaltenen 3 Werthen

$$x = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 - p_7 - p_8 - p_9}{2 \,.\, 3}$$

ist der genaue Widerstand der Kabelader Nr. 7.

Die Subtraction dieses Mittelwerthes x von den Ergebnissen der sechs ersten Messungen liefert die zur Zeit der Beobachtung vorhandenen Widerstände der übrigen 6 Adern.

Als Reductionsfactor v, mit welchem die durch vorstehende Messungen erzielten Ergebnisse zu multipliciren sind, um den Widerstand der Kabeladern bei der Normaltemperatur von 15° C zu erhalten, wird der Quotient aus der Summe der bei der Abnahmemessung ermittelten Normalwiderstände sämmtlicher Adern des betreffenden Kabels durch die Summe der zur Zeit festgestellten Widerstände derselben Adern benutzt.

2. Messung des Isolationswiderstandes. — Alle 7 Adern des Kabels werden in dem fernen Amte einzeln isolirt und in dem messenden Amte zunächst zur vollständigen Entladung während 5 bis 10 Minuten an Erde gelegt.

In der Zwischenzeit wird die sogenannte Constante bestimmt, d. h. es wird die bei der Messung zu benutzende Batterie von 100 Elementen durch einen constanten Widerstand von 100,000 *S. E.* und das mit passendem Zweigwiderstande $1/S$ (gewöhnlich $1/_{999}$) versehene Spiegelgalvanometer geschlossen und nach Ablauf einer Minute die Ablenkung abgelesen und letztere vermerkt. Sodann wird Ader 1 von Erde getrennt und durch das mit Zweigwiderstand $1/s$ (jetzt $1/_9$ oder $1/_{99}$) versehene Spiegelgalvanometer an den Kupferpol

der Batterie gelegt, während der andere Pol derselben Batterie mit Erde verbunden bleibt. Da der in das Kabel tretende Strom im ersten Augenblicke sehr stark ist, nachher aber, erst rasch, dann langsamer abnehmend, sich einem constanten Werthe nähert, so ist das Galvanometer, um die Nadel nicht in zu heftige Schwankungen zu versetzen, während der ersten Periode durch einen Ausschalter auszuschalten. Erst $^1/_2$ Minute nach Herstellung der Verbindung mit der Batterie wird durch Herausnehmen des Stöpsels aus dem Ausschalter das Galvanometer eingeschaltet und nach Ablauf einer weiteren halben Minute, also eine Minute nach Schluss der Batterie, die Ablenkung, welche a sein soll, abgelesen.

Alsdann wird Ader 1 wieder an Erde gelegt und Ader 2, nachher Ader 3 u. s. w. in derselben Weise gemessen, dergestalt, dass stets alle Leitungen mit Ausnahme derjenigen, welche gerade gemessen wird, an Erde liegen. Nach Messung der Ader 7 ist die Constantenbestimmung zu wiederholen. Der aus dieser und der ersten Bestimmung erhaltene Mittelwerth für die beobachteten Ablenkungen sei A.

Bezeichnet bei der Constantenbestimmung J die Intensität des von der Batterie gelieferten Gesammtstromes und i den durch die Galvanometer-Umwindungen fliessenden Zweigstrom, so ist:

$$J = (S + 1)\, i.$$

Werden beim Messen des Kabels die entsprechenden Stromstärken mit J_1 und i_1 bezeichnet, so ist:

$$J_1 = (s + 1)\, i_1$$

$$J : J_1 = (S + 1)\, i : (s + 1)\, i_1$$

$$J : J_1 = x : 100{,}000$$

$$(S + 1)\, i : (s + 1)\, i_1 = x : 100{,}000$$

$$x = \frac{(S + 1)\, i}{(s + 1)\, i_1}\; 100{,}000\ S.\ E.$$

$$i : i_1 = A : a$$

$$i = \frac{i_1\, A}{a}$$

$$x = \frac{(S + 1)\, A}{(s + 1)\, a} \,.\, 100{,}000\ S.\ E.$$

Durch Multiplication des für x erhaltenen Werthes mit der Kabellänge erhält man den Isolationswiderstand der betreffenden Kabelader pro Kilometer bei der z. Z. obwaltenden Temperatur.

Zur Ermittelung des Normalwiderstandes (für die Temperatur von + 15° C) führt die Formel:

$$\frac{w_{t_1}}{w_t} = a^{t_1 - t}$$

in welcher:

w_t den Widerstand bei t^0

w_{t_1} " " " $t_1{}^0$ und

a den Temperatur-Coëfficienten für Guttapercha (= 1,0574) bedeutet.

Die Temperatur, welcher das Kabel in der Erde ausgesetzt ist, lässt sich aus den bei Feststellung des Kupferwiderstandes der Kabeladern ermittelten Werthen (Widerstand der zur Zeit obwaltenden Temperatur und Normalwiderstand) sowie mit Hilfe des Temperatur-Coëfficienten für Kupfer leicht bestimmen.

Während bei Metallen und Flüssigkeiten gleichen Temperaturdifferenzen stets gleiche Differenzen des Widerstandes entsprechen, sind bei Guttapercha und Gummi nicht gleiche Differenzen, sondern gleiche Verhältnisse des Widerstandes gleichen Temperaturdifferenzen proportional.*

Hierbei sei noch bemerkt, dass der Widerstand der Guttapercha mit wachsender Temperatur abnimmt.

Zur Ermittelung des Stromverlustes in einer Kabelleitung empfiehlt sich ihrer Einfachheit wegen die Formel (von Brix)

$$\frac{Jn}{Jo} = \sqrt{\frac{Wo - W_1}{Uo}}$$

in welcher:

Jn die Intensität des ankommenden Stromes,

Jo die Intensität des abgehenden Stromes,

Wo den Widerstand des am fernen Ende isolirten Kabels,

* Handbuch der elektrischen Telegraphie von Dr. K. E. Zetzsche.

W_1 den Widerstand des am fernen Ende mit Erde verbundenen Kabels und

Uo den Widerstand

bedeutet, welcher vom fernen Ende des Kabels gemessen wird, wenn das diesseitige Ende isolirt ist.

Für eine Kabelleitung ohne eigentlichen Fehler, für welche der Stromverlust lediglich durch die Leitungsfähigkeit der Guttapercha herbeigeführt wird, erhält man, wenn jene Leitungsfähigkeit auf der ganzen Länge des Kabels dieselbe ist:

$$\frac{Jn}{Jo} = \sqrt{\frac{Wo - W_1}{Wo}}\,*$$

Bestimmung der Ladung. — Die in dem fernen Amte einzeln isolirten Kabeladern werden bei dem messenden Amte zu ihrer vollständigen Entladung während 5 bis 10 Minuten an Erde gelegt. In der Zwischenzeit wird zunächst der zur Vergleichung bestimmte Condensator eine Minute lang durch eine Batterie von 10 Elementen geladen. Die dann nach Aufhebung der Batterieverbindungen zu bewirkende Entladung erfolgt am zweckmässigsten durch ein mit passender Zweigleitung $^1/S$ (meist $^1/_{999}$) versehenes Spiegelgalvanometer. Die an demselben beobachtete Ablenkung sei C.

Hierauf wird statt des Condensators die betreffende Kabelader geladen und nach Ablauf einer Minute durch das jetzt mit der Nebenschliessung $^1/s$ versehene Spiegelgalvanometer entladen. Die jetzt beobachtete Ablenkung sei c.

Bezeichnen wir mit Q die Gesammtladung des Condensators und mit q den Theil dieser Gesammtladung, welcher durch das Galvanometer entladen wurde, so ist:

* Archiv für Post und Telegraphie Nr. 13, 1877.

Eine für die Praxis vollkommen ausreichende Näherungsformel ist, wenn K den Kupferwiderstand und G den Guttaperchawiderstand des ganzen Kabels bedeutet:

$$\frac{Jn}{Jo} = 1 - {}^1/_2\,\frac{K}{G}.$$

Hieraus ergiebt sich für die Berechnung des Stromverlustes nach Procenten:

$$p = 100\left(1 - \frac{Jn}{Jo}\right) = 50\,.\,\frac{K}{G}.$$

$$Q = q\,(S + 1)$$

Bedeuten ferner K und k dieselben Elektricitätsquantitäten für die Entladung des Kabels, so ist

$$K = k\,(s + 1)$$

Die durch das Galvanometer erfolgten Theilentladungen sind den abgelesenen Scaleneinheiten proportional:

$$q : k = C : c$$

$$q = \frac{kC}{c}$$

$$Q = \frac{kC}{c}\,(S + 1)$$

$$Q : K = \frac{kC}{c}\,(S + 1) : k\,(s + 1)$$

$$Q : K = \frac{C}{c}\,(S + 1) : s + 1$$

$$K = \frac{(s + 1)\,c}{(S + 1)\,C} \cdot Q.$$

Die als Maass der Condensatorladung gebräuchliche Einheit ist $^1/_2$ bis 1 Mikrofarad.*

Zur Herstellung von Condensatoren zu Messzwecken verwendet man am zweckmässigsten Glimmer, dessen Vertheilungsvermögen sehr constant ist. Die leitenden Belegungen werden durch Stanniolblätter gebildet. Die Verbindung der letzteren geschieht in der S. 146 beschriebenen Weise.

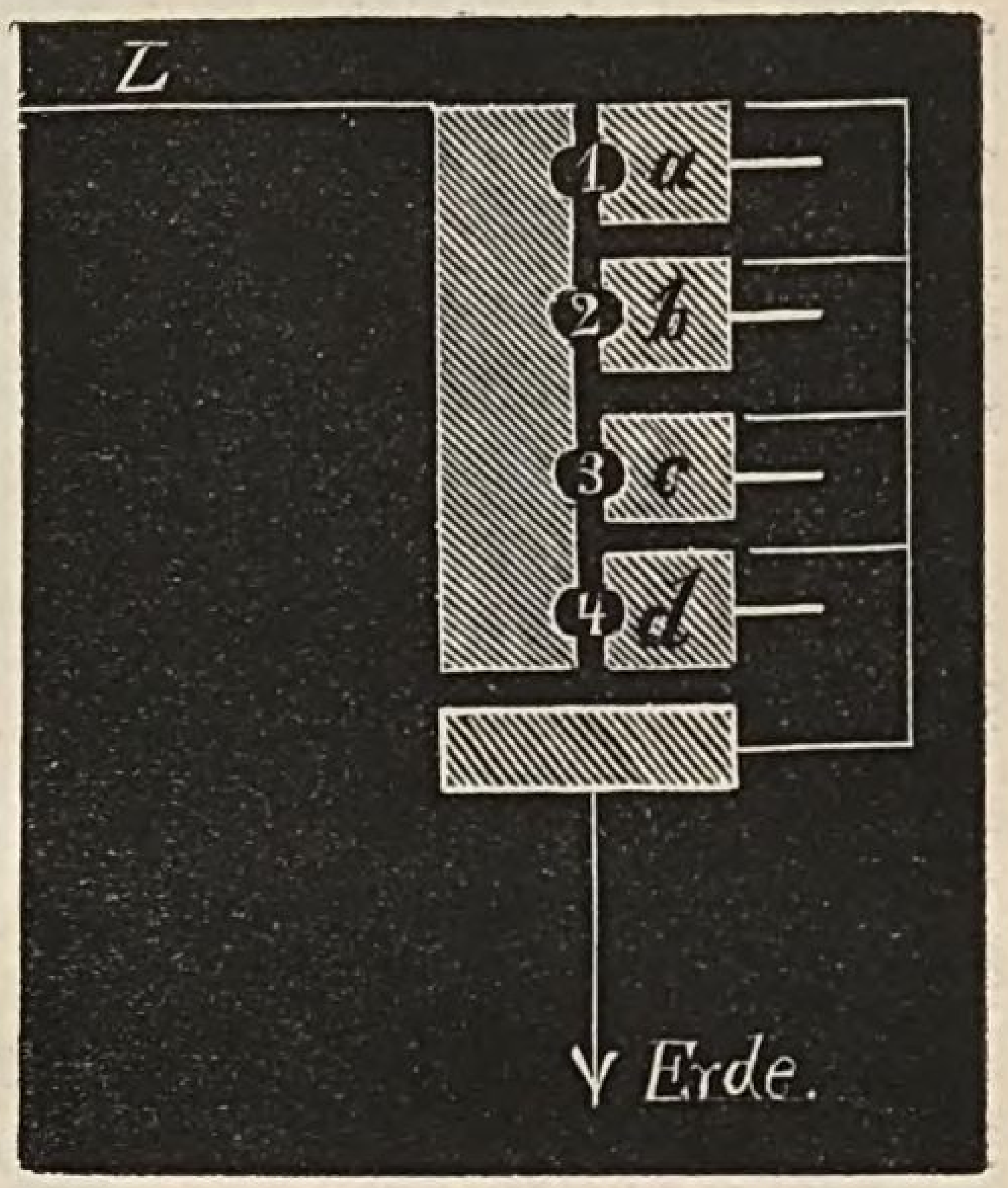


Fig. 188.

Meistentheils bestehen die Condensatoren aus mehreren Abtheilungen von verschiedener Capacität.

In Fig. 188 ist ein derartiges System dargestellt. Die unteren Belegungen von vier Condensatoren (von etwa 1 + 2 + 2 + 5 Mikrofarad) liegen an den Schienen *a*, *b*, *c* und *d*, während sämmtliche oberen Belegungen

* Ein Mikrofarad ist der millionste Theil eines Farad. Farad ist die durch die Bedingung definirte Capacität, dass ein Coulomb in einem Farad einen Volt giebt. Coulomb wird die Elektricitätsmasse genannt, welche ein Ampère in einer Secunde giebt.

mit Erde leitend verbunden sind. Sollen grosse Mengen von Elektricität aufgenommen werden, dann stöpselt man alle vier Löcher; die von L ankommende Elektricität verbreitet sich über die Oberflächen sämmtlicher unteren Belegungen und bindet auf den oberen Belegungen ein entsprechendes Quantum entgegengesetzter Elektricität aus der Erde. Soll die Condensatorwirkung eine geringere sein, so darf man durch Entstöpselung nur einen oder mehrere Condensatoren ausschalten und dadurch die Grösse der Belegungsflächen für das zur Elektricitäts-Aufnahme bestimmte System verringern.

Tabelle der trigonometrischen Zahlen.

Grad.	Sinus.	Cosinus.	Tangente.	Cotangente.	Grad.
1	0,0175	0,9998	0,0175	57,2898	89
2	0,0349	0,9994	0,0349	28,6363	88
3	0,0523	0,9986	0,0524	19,0811	87
4	0,0698	0,9976	0,0699	14,3007	86
5	0,0872	0,9962	0,0875	11,4301	85
6	0,1045	0,9945	0,1051	9,5144	84
7	0,1219	0,9925	0,1228	8,1443	83
8	0,1392	0,9903	0,1405	7,1154	82
9	0,1564	0,9877	0,1584	6,3138	81
10	0,1736	0,9848	0,1763	5,6713	80
11	0,1908	0,9816	0,1944	5,1446	79
12	0,2079	0,9781	0,2126	4,7046	78
13	0,2250	0,9744	0,2309	4,3315	77
14	0,2419	0,9703	0,2493	4,0108	76
15	0,2588	0,9659	0,2679	3,7321	75
16	0,2756	0,9613	0,2867	3,4874	74
17	0,2924	0,9563	0,3057	3,2709	73
18	0,3090	0,9511	0,3249	3,0777	72
19	0,3256	0,9455	0,3443	2,9042	71
20	0,3420	0,9397	0,3640	2,7475	70
21	0,3584	0,9336	0,3839	2,6051	69
22	0,3746	0,9272	0,4040	2,4751	68
23	0,3907	0,9205	0,4245	2,3559	67
24	0,4067	0,9135	0,4452	2,2460	66
25	0,4226	0,9063	0,4663	2,1445	65
26	0,4384	0,8988	0,4877	2,0503	64
27	0,4540	0,8910	0,5095	1,9626	63
28	0,4695	0,8829	0,5317	1,8807	62
29	0,4848	0,8746	0,5543	1,8040	61
30	0,5000	0,8660	0,5774	1,7321	60
31	0,5150	0,8572	0,6009	1,6643	59
32	0,5299	0,8480	0,6249	1,6003	58
33	0,5446	0,8387	0,6494	1,5399	57
34	0,5592	0,8290	0,6745	1,4826	56
35	0,5736	0,8192	0,7002	1,4281	55
36	0,5878	0,8090	0,7265	1,3764	54
37	0,6018	0,7986	0,7536	1,3270	53
38	0,6157	0,7880	0,7813	1,2799	52
39	0,6293	0,7771	0,8098	1,2349	51
40	0,6428	0,7660	0,8391	1,1918	50
41	0,6561	0,7547	0,8693	1,1504	49
42	0,6691	0,7431	0,9004	1,1106	48
43	0,6820	0,7314	0,9325	1,0724	47
44	0,6947	0,7193	0,9657	1,0355	46
45	0,7071	0,7071	1,0000	1,0000	45
Grad.	Cosinus.	Sinus.	Cotangente.	Tangente.	Grad.

Alphabetisches Register.

Seite

Ablenkung der Magnetnadel 7. 103
Absolutes Maass der Stromstärke 109
Abzweigung von Elementen 93
Accumulator 50
Aequivalentzahlen (chemische) . 37
Akline 9
Amalgam 12
Amalgamiren der Zinkstäbe ... 48
Ampère (Stromstärkeneinheit) 110. 125
Ampère'sche Regel 31
Anion 132
Anode 39. 132
Arbeitsstrom 168
Arbeitsstrom-Weckbetrieb . 264. 272
Astatisches Nadelpaar 33
Atlantisches Kabel 330
Atome 37
Ausserwesentlicher Widerstand . 64

Ballon-Element 45
Batterie (elektrische) 18
Batterie (galvanische) 28
Batterie (gemeinschaftliche) 80
Batterie-Verbindungen 67
Bestimmung der Constanten galvanischer Elemente 123
Betriebs-Störungen 294
Blitzableiter 181. 227
Bosscha'sche Sätze 91
Brabender'scher Schreibhebel 172
Braunstein-Element 48
Büschel (elektrisches) 16
Bunsen'sches Element 43

Seite

Capacität (elektrische) 322
Capacität (inductive) 321
Chatterton Compound 317
Chemische Nomenclatur 37
Chemische Theorie des Galvanismus 131
Chemische Wirkung der Reibungs-Elektricität 20
Chemische Wirkung der galvanischen Elektricität 36
Coercitivkraft des Magneten 5
Collector 19
Commutator 211. 233
Condensator . 19. 146. 284. 322. 332. 341
Conductor 15
Constante Elemente 42
Contact-Theorie des Galvanismus 24
Coulomb (Einheit der Elektricitätsmasse) 341

Dämpfung schwingender Magnetnadeln 147
Daniell'sches Element 42
Declination (magnetische) 7
Diamagnetismus 1
Diaphragma 49
Differential-Galvanometer 61
Digney'sche Schreibvorrichtung 173
Disjunctor 144
Doppeltaste für Kabel 330
Druck-Telegraph (Hughes) 196

Elektricität durch Reibung 11
Elektricität (dynamische) 19

Seite
Elektricität (statische) 19
Elektricität (galvanische) 23
Elektricität durch Influenz 12
Elektricität durch Induction 140
Elektrische Spannung 17
Elektrisirmaschine 15
Elektrochemische Rheometer ... 98
Elektrode 38. 132
Elektrodynamometer 123
Elektrolyse 132
Elektrolyt 39. 132
Elektromagnet 34. 162
Elektromagnetische Induction .. 142
Elektromagnetische Rheometer . 103
Elektrometer 14
Elektromotoren 24
Elektromotorische Kraft 23. 125. 130
Elektrophor 17
Elektroskop 14
Elemente (galvanische) 41
Elemente (thermo-elektrische) .. 152
Elmsfeuer 22
Endosmose 133
Erdleitung 29
Erdleitungs-Widerstand 310
Erdmagnetismus 9. 104
Erdströme 147
Extrastrom 145

Farad 341
Faraday's elektrolytisch. Gesetz 134
Farbschreiber 162
Faure'scher Accumulator 50
Fechner'scheMessungsmethode 128
Fehlerbestimmung (in d. Leitung) 301
Fernsprecher 219
Fernsprech-Schaltungen 264
Fernsprechwecker 230. 264
Fortpflanzung der Elektricität in Kabeln 320
Franklin'sche Tafel 17
Funken (elektrischer) 16

Galvanismus 23. 130
Galvanischer Strom 25
Galvanometer 33

Seite
Galvanoskop 33. 179
Gegensprechen 276
Gemeinschaftliche Batterie 80
Gewitter 21
Godfroy's Nebenschluss-Schaltung 327
Graphit-Widerstände 247
Grove'sches Element 42
Guttapercha 314. 322

Heberschreiber 335
Horizontale Magnetnadel 104
Hufeisenmagnet 5
Hughes-Apparat 196
Hughes-Gegensprechen 282
Hughes-Relais 192

Jacobi'sche Einheit für Stromstärken 99
Jacobi'sche Widerstandseinheit 54
Inclination (magnetische) 7
Inclinatorium 8
Inconstante Elemente......... 41
Indifferente Leiter 25
Induction (galvanische) 140
Induction (magnetische) 137
Induction (elektromagnetische) . 142
Inductions-Weckbetrieb 270
Influenz 12
Influenz in Kabeln 320
Intensität galvanischer Ströme . 64
Ion 132
Isolation (Isolator) 13
Isolations-Widerstand der unterirdischen Leitung 337

Kabel 314
Kathode 39. 132
Kation 132
Kautschuk 314
Kirchhoff'sche Gesetze 89
Knallgas-Voltameter 99
Kraft-Einheit 110
Kupfer-Voltameter 103

Ladung in Kabeln 324. 340
Ladungssäulen 50

Seite

Leclanché-Elemente 44
Leiter der Elektricität 13
Leitungsmessungen .. 62. 96. 149. 335
Leitungsvermögen 52
Leitungswiderstand 52
Leitungswiderstand (specifischer) 54
Leydener Flasche 18
Lichtwirkungen der Elektricität. 20
Linienumschalter 236
Loop test 310
Luftelektricität 21

Magnetinduction 137
Magnet-Inductor 139
Magnetische Richtkraft der Erde 7
Magnetisches Feld 10
Magnetisirungsspiralen 34. 162
Magnetismus 1
Magnetismus (remanenter) 35
Manze'sche Messungs-Methode 127
Marié Davy'sches Element ... 44
Mariotte'sches Gesetz 100
Maron'sche Uebertragung 255
Meidinger'sches Element 45
Meilen-Rheostat 59
Meridian (magnetischer und geographischer) 7
Messinstrumente 58. 98
Messung (Fehlerbestimmung durch) 302
Messungs-Methoden 62. 97. 123. 149 335
Metall-Voltameter 102
Mikrofarad 341
Mikrophon 223. 272
Molecüle 36
Morse-Alphabet 166
Morse-Telegraph 158
Multiplicator 31

Nadelablenkung 30. 103
Nebenschliessungen 304
Nebenschluss-Schaltung für Kabel 327
Neutralisation (elektr. Fluiden) . 12
Nordlicht 22
Nordlichtströme 148

Seite

Ohm (Widerstands-Einheit) . 55. 125
Ohm'sches Gesetz 64
Ohm'sche Messungs-Methode .. 123

Parallelschaltung von Elementen 67
Parallelschaltung von Elektromagnet-Spiralen 86
Paramagnetismus 1
Physiologische Wirkungen der Elektricität 20
Planté'scher Accumulator 50
Platten-Blitzableiter 183
Poggendorff'sche Compensations-Methode 129
Polarisation 40
Polarisirter Farbschreiber 176
Polarisirtes Relais 189

Quecksilber-Element 44

Rasselglocke 195
Reductionsfactor der Tangenten-Bussole 109. 110
Reflexgalvanometer 114
Reibungs-Elektricität 11
Relais (Hughes) 192
Relais (Morse) 187
Relais (polarisirtes) 189
Reliefschreiber 161
Remanenter Magnetismus 35
Rheometer 98
Rheostat 57
Rückstrom 311. 321
Ruhestrom 169
Ruhestrom-Weckbetrieb 267. 275

Sammlerbatterie 50
Sandbatterie 41
Schaltung von Elementen 65
Schleifenmethode 310
Schliessungsbogen 28
Schneiden-Blitzableiter 186
Selbstunterbrechung (elektromagnetische) 141
Shunt 96
Siemens'sche Widerstandseinheit 55

Seite

Siemens'sche Widerstandsscala . 60
Silber-Voltameter 102
Sinus-Bussole 111
Sinus-Tangenten-Bussole 113
Smee'sche Batterie 41
Spannung (elektrische) 17
Spannungsreihe (galvanische) . . 24
Spannungsreihe (thermo-elektr.) 153
Specifischer Leitungswiderstand 54
Spiegel-Galvanometer 114. 330
Spindel-Blitzableiter 227
Spitzen-Blitzableiter 186
St. Elmsfeuer 22
Statische Elektricität 19
Steinheil'sche Erdleitung 29
Stöpsel-Commutator 235
Störungen (Betriebs-) 294
Strom (galvanischer) 25
Stromläufe 242
Stromstärke 64. 109
Stromverzweigung 75. 89
Stromwender 233
Submarine Telegraphie 329
Submarintaste 329
Switch 326
Syphon-Recorder 335

Tangenten-Bussole 106
Taste (Morse-) 159
Telegraph (Morse-) 158
Telegraphie (Entwickelungsgeschichte der) 156
Telephon 219
Tellurische Ströme 147
Theorien des Galvanismus 130
Thermo-elektrische Ströme 152
Thomson'sches Reflex-Galvanometer 114
Tragkraft der Magnete 6
Translation 252
Trennämter 244
Trockenelemente 49

Seite

Trogapparat 41
Typendruck-Telegraph (Hughes) 196

Uebertragung 252
Umschalter 235
Unterirdische Leitungen 314
Unterseeische Leitungen 329

Vertheilung (magnetische) 1
Vertheilung der Elektricität 12
Vertheilungsvermögen 321
Verwandtschaft (chemische) 37
Volt (Einheit elektrom. Kraft) . . 125
Voltameter 99
Volta'sche Säule 28

Wagner'scher Hammer 141
Wärme-Erregung durch galvanischen Strom 20
Wechselstromtaste 330
Wecker 195. 230
Wesentlicher Widerstand 65
Wetterleuchten 21
Wheatstone'sche Brücke 116
Wheatstone'scher Rheostat . . 58
Widerstand der Metalle 53
Widerstand (specifisch. Leitungs-) 54
Widerstand galvanisch. Elemente 123
Widerstands-Bestimmung durch Rechnung 55
Widerstands-Bestimmung durch Messung 57
Widerstandseinheiten 54
Widerstandsmaasse 54
Widerstandsmessung von Kabeln 335
Widerstandsscala 60
Wiehl'scher Schreibhebel 172
Wippe 234
Wollaston'sche Batterie 41

Zamboni'sche Säule 29
Zweigströme 75. 89
Zwischenämter 242

BAYERISCHE STAATS BIBLIOTHEK MUENCHEN

In **J. U. Kern's Verlag (Max Müller)** in **Breslau** sind ferner erschienen:

Leitfaden

zum

Selbstunterricht im technischen Telegraphendienste

für Postgehülfen, Post- und Telegraphenanwärter.

Von

O. Canter.

Mit 68 in den Text gedruckten Holzschnitten. 1888. Geb. Preis 2 M. 50 Pf.

Der Verfasser hält sich in diesem Werkchen streng an die in vorstehendem Titel gestellte Aufgabe und erläutert in einfacher und verständlicher Form, sowie ohne Anspruch auf andere als elementare Vorkenntnisse alles für die Assistenten-Prüfung, oder — was hiermit gleichbedeutend ist — für die Ausübung des praktischen Telegraphendienstes bei vereinigten Verkehrsämtern Erforderliche aus dem Gebiete der Telegraphen-Technik.

Aufgaben

aus

dem Gebiete der Telegraphen-Technik.

Von

O. Canter.

Mit 27 in den Text gedruckten Holzschnitten. **Zweite Auflage.** 1888.
Geheftet Preis 2 M.

Diese Sammlung gelöster Aufgaben aus dem Gebiete der Telegraphen-Technik soll in erster Linie jüngeren Post- und Telegraphenbeamten Anleitung geben, das für technische Fachprüfungen aus Lehrbüchern oder nach mündlicher Unterweisung Gelernte zu üben. Um diesem Zwecke zu entsprechen, ist die Reihenfolge der Aufgaben so gewählt, dass einfachere Lösungen den schwierigeren vorangehen; ausserdem sind alle wichtigen Lehrsätze und Regeln der Telegraphen-Technik durch die gegebenen Beispiele erläutert.

Da endlich fast alle Aufgaben Fälle aus der Praxis behandeln, darf das Werkchen auf freundliche Aufnahme auch seitens derer rechnen, welche mit der Ausübung des technischen Telegraphendienstes betraut sind.

Druck von Grass, Barth & Comp. (W. Friedrich) in Breslau.

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

Canter, Oscar

Der technische Telegraphendienst Lehrbuch für Telegraphen-, Post- und Eisenbahn-Beamte

Breslau 1892

Techn. 2075 g
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11889806-8